د. عبد الرسول حمودي العزاوي

الطاقة والمباني


الطاقة والمباني

الطاقة والمباني

الدكتور عبد الرسول حمودي العزاوي

دار
مجدلاوي
للنشر والتوزيع

رقم الايداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(١٩٩٥/٩/٩٣٦)

رقم التصنيف : ٠٤٢، ر٦٢٠

المؤلف ومن هو في حكمه : عبد الرسول حمودي العزاوي

عنوان المصنف : الطاقة والمباني

رؤوس الموضوعات : ١ـ هندسة الطاقة

٢ـ المباني

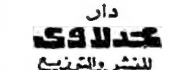
رقم الايداع : (١٩٩٥/٩/٩٣٦)

الملاحظات : عمان - دار مجدلاوي

* تم اعداد بيانات الفهرسة الاولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

الطبعة الأولى

دار



للنشر والتوزيع

عمان - الأردن - ص.ب ١٨٤٢٥٧

هاتف فاكس: ٦١١٦٠٦

الاهداء

الى

عائلتي

شكر وتقدير

يسرني ان اتقدم بالشكر والعرفان الى الاستاذ المهندس محمد علي موسى مدير عام مركز دراسات الطاقة الشمسية في طرابلس / الجماهيرية الليبية والدكتور فؤاد سيالة مساعد المدير العام وكافة منتسبي المركز على تعاونهم ودعمهم المتواصل لي في كافة الاعمال . كما اتقدم بالشكر الجزيل الى كل من الاساتذة الافاضل الاستاذ الدكتور فهد علي حسين والدكتور حامد جاسم والدكتور عادل توفيق سليمان والمهندس محمد عبد الغني على ما ابدوه من ملاحظات ومناقشات مستفيضة طيلة مدة اعداد مسودة الكتاب .

الفهرست

الفصل الاول

المقدمة

تفتقر المكتبة العربية الى مراجع متخصصة في مجالي الطاقة والمباني والعلاقة بينهما ، حيث يشكلان اجزاء مهمة في ديمومة الحياة وتطور المجتمع . يعتبر هذا الكتاب مساهمة متواضعة من اجل توفير مادة نظرية وعملية متخصصة يستفاد منها ابنائنا الطلبة في المعاهد والكليات العربية في اختصاصات الهندسة الميكانيكية والمدنية والمعمارية والطاقة والبيئة والفيزياء والاقتصاد والتخطيط . وكذلك يستفاد منه المهندسون والباحثون والعاملون في حقلي الطاقة والمباني .

يتناول هذا الكتاب مبادئ نظرية وتطبيقية لمفردات الطاقة والمباني كلا على انفراد ، حيث تم التطرق الى مصادر الطاقة البديلة والربط بين مصادر الطاقة وتطبيقاتها في المباني والاضرار الجانبية والعوامل المرتبطة بهما . حيث شدت أزمة توفير الطاقة والمحافظة على سلامة البيئة منذ مطلع السبعينات ، انتباه كافة دول العالم سواء كانت مصدرة او مستوردة للطاقة او مكتفية ذاتيا ، مما أدى الى ظهور اهتمام عالمي واسع بالبحوث والدراسات ووضع الخطط التي من شأنها ان تساعد على ايجاد وسائل توفير مصادر جديدة للطاقة ومكافحة مسببات تلوث البيئة . وقد استحوذ هذا الموضوع المهم حل اهتمامات المجتمع العالمي المتطور ، واتخذ ثلاثة اتجاهات رئيسية ظهرت معالمها من جراء التطبيقات المختلفة خلال العقدين الماضيين . اخذ الاتجاه الاول مسار ايجاد وسائل آنية وحلول سريعة لتساعد في ترشيد استهلاك الطاقة في جميع المجالات الممكنة . وسار الاتجاه الثاني في طريق ايجاد مصادر طاقة جديدة ومتجددة بديلة للطاقة التقليدية كحل استراتيجي . وكلا المسارين السابقين ساهما في ابراز دور المسار الثالث في تقليل ومكافحة مسببات تلوث البيئة . وقد حققت الاتجاهات المتعاونة تقدما ملحوظا ولازال العمل جاريا في تحقيق النجاحات الطموحة في كل المجالات الممكنة التي تؤدي الى خدمة تطور المجتمع مستقبلا .

ان استعمال النفط ومشتقاته كأول خيار لتوفير الطاقة ادى الى ظهور مشاكل عديدة كان من اهمها تلوث البيئة . بالاضافة الى تناقص عمر المخزون الاحتياطي النفطي العالمي مما دفع الى اعتماد وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وايجاد الطاقة البديلة من مصادر جديدة ومتجددة أعطت مردودات تقنية واقتصادية وبيئية جيدة . وهناك مصادر طاقة متجددة متوفرة في العالم العربي ونخص منها الطاقة

الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الموجية وتوليد الهيدروجين والغاز الحيوي ...الخ . يتمتع الموقع الجغرافي للبلاد العربية بنسب مرتفعة من معدلات الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الارض وساعات سطوع شمس طويلة ، مما شجع على استغلال هذه الطاقة عن طريق التحويل الحراري المباشر وغير المباشر للطاقة الشمسية باحدى التقنيات المتاحة لاستعمالها في المباني . وتعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في الوقت الحاضر . ويعتبر مجال تكييف المباني من اهم التقنيات التطبيقية الناجحة للتحويل الحراري للطاقة الشمسية ومنها على سبيل المثال تكييف مباني المدارس ورياض الاطفال والوحدات الاجتماعية والمباني الخدمية والادارية والسكنية المختلفة سواء كانت متكونة من طابق واحد او أكثر . وقد ساهمت الطاقة الشمسية في توفير نسبة لا بأس بها من مجموع الطاقة التقليدية المستعملة في تكييف المباني . وتزداد اهمية أستخدام الطاقة الشمسية في المباني كلما كانت هذه المباني بعيدة عن مصادر الطاقة الكهربائية وفي المناطق النائية . وكذلك تتوفر في الموقع الجغرافي للوطن العربي معدلات كافية من سرع الرياح لتشغيل المراوح الهوائية لتوليد الطاقة الكهربائية للاستعمال المباشر وغير المباشر . وتوفر السواحل الطويلة تسمح بامكانية استغلال الطاقة الموجية لتوليد الطاقة الكهربائية . ويمكن استغلال توفر الايدي العاملة والفنية وتوفر كميات هائلة من المواد الاولية في تصنيع اجهزة الطاقة البديلة ومنها على سبيل المثال وجود مادة السيليكا التي تدخل في تصنيع الخلايا الشمسية . هذا بالاضافة الى انتشار الزراعة وتربية الحيوانات يمكن من فضلاتهما انتاج الغاز الحيوي . ونؤكد مرة اخرى بان الشمس هي مصدر كل الطاقات المتوفرة على سطح الارض وتتوفر بمعدلات عالية في الوطن العربي . وتمتاز بسهولة التجميع وسلامة التطبيق في جميع المجالات وخاصة في قطاع المباني . لذا اعطى هذا الكتاب تركيز خاص على هذا المصدر المهم الذي يمد الطاقة الى كل الكائنات الحية على سطح كوكبنا الارض .

يتكون الكتاب من ثلاثة عشر فصلا ابتداء من المقدمة المختصرة عن مادة الكتاب . قدم الفصل الثاني شرحا مفصلا عن توفر مصادر الطاقة واستعمالاتها المختلفة في المجالات الممكنة كلا حسب طبيعة توفرها وانتاجها او تصنيعها . وتناول انواع مصادر الطاقة البديلة وتطبيقاتها المختلفة في عالمنا العربي او في مناطق اخرى من العالم . وقدم هذا الفصل ايضا تقييم واقع ومستقبل مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة . وتناول الفصل الثالث تصنيف المباني حسب نوعها وطبيعة استعمالها وطريقة ومواد البناء المستعملة فيها . قدم الفصل الرابع شرحا مفصلا عن احتياجات الطاقة في المباني وطرق انتقالها ومصادرها وطرق حسابات الاحمال الحرارية المطلوبة للتدفئة والتبريد وتوفير الجو

الطبيعي للساكنين . تخصص الفصل الخامس في تعريف الطاقة الشمسية وتوفرها وطرق قياسها واستخداماتها في مجالات عديدة منها تسخين الماء والهواء للاستعمالات المنزلية والخدمية وتكييف المباني المختلفة والتطبيقات الزراعية والصناعية وتحلية المياه ...الخ عن طريق استخدام تقنيات التحويل الحراري والتحويل الكهربائي للطاقة الشمسية . وتم التطرق الى تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة في الوطن العربي والعالم . وزاد تفصيل استخدامات الطاقة الشمسية في تسخين الماء والهواء في الفصلين السادس والسابع على التوالي . وتناول الفصلين الثامن والتاسع عناصر التصميم المعماري والتكييف البيئي التي يعتمدها المهندسون في تصميم المباني لغرض تقليل احمال التكييف وتوفير الجو الطبيعي للساكنين بأقل تكاليف ممكنة . تخصص الفصل العاشر في تطبيق الطاقة الشمسية في مختلف المباني سواءا كانت قديمة او حديثة . وتم شرح استعمال منظومات التكييف المركزية الشمسية التي شاع استعمالها خلال العقدين الماضيين . ان استخدام الطاقة الشمسية في تكييف المباني يوفر الجو الطبيعي ويقلل من تكاليف الطاقة التقليدية المصروفة على اجهزة التكييف . وكذلك التطرق الى امكانية الجمع بين اكثر من مصدر من مصادر الطاقة البديلة المستعملة في تزويد الطاقة في المباني . واقترحت مشاريع تطبيقية لتكييف المباني تستخدم فيها مصادر الطاقة البديلة . ان ترشيد استهلاك الطاقة اخذ نصيبه في الفصل الحادي عشر . وتم التطرق الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة في المباني . وخصص ملحقا يتناول وسائل ترشيد استهلاك الطاقة . وتم تسليط الضوء على دور التراث المعماري العربي في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني واستلهام المبادئ والاسس العملية المستعملة فيها وابراز دورها الفعال بحيث يمكن توضيبها عند وضع تصاميم المباني الحديثة . ان استخدام وسائل ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية واستعمالات مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مختلف المجالات الواسعة سوف يساهم في المحافظة على ثروتنا النفطية من الاستهلاك المتزايد واطالة عمر المخزون النفطي وتأمين مستقبل اجيالنا القادمة في ظل محيط بيئي طبيعي . وتناول الفصل الثاني عشر مسببات ومصادر تلوث البيئة وطرق علاجها لغرض الحد من تأثيراتها السلبية على صحة المواطنين الساكنين في المباني المختلفة . كما رافق موضوع تلوث البيئة بعض فصول الكتاب لما له من دور رئيسي وفاعل في مجال الطاقة والمباني . وتم الوقوف على المردودات الاقتصادية لتطبيقات مصادر الطاقة البديلة والمردودات الايجابية التقنية والبيئية في الفصل الاخير .

الفصل الثاني
الطاقة

2 . 1 . تعريف الطاقة

تعرف الطاقة بانها الشغل المنجز بواسطة استعمال الاجهزة والمكائن التي تعمل باستخدام احد انواع مصادر الطاقة كالنفط او الغاز او الكهرباء او الخشب لتقديم الخدمات الضرورية للحياة وتساعد على سير الاعمال المطلوبة في جميع مجالات المجتمع . وفي مقدمتها استخدام احد انواع مصادر الطاقة مثل النفط او الغاز او الكهرباء او الخشب او الفحم في تشغيل اجهزة التكييف المختلفة والطبخ وتسخين الماء وتشغيل الاجهزة الخدمية المتنوعة والمكائن والمعدات المختلفة . ونتطرق هنا الى استهلاك الطاقة في مجال ضيق لايتعدى استعمال الطاقة في قطاع المباني لاعتباره يشكل الجزء الاكبر لاستهلاك انواع مصادر الطاقة بنسبة لابأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة والذي يتعامل بصورة مباشرة مع الحياة اليومية للمجتمع .

2 . 2 . نبذه تاريخية عن مراحل تطور الطاقة

منذ القدم أحتاج الانسان الى الطاقة التي تأتي عن طريق الغذاء ، واستطاع تأمينها من النباتات المتوفرة ومن صيد الحيوانات . بعد ذلك اكتشف الأنسان النار التي تعتبر مصدر طاقة لطهي الطعام والتدفئة بأستعمال الخشب لادامتها . وعندما بدأ الانسان يتطور في طرق العيش وجد في الزراعة مصدرا مهما في تأمين الغذاء للاكل والطاقة للتدفئة وتلبية الاحتياجات الاخرى . ولغرض تطور الزراعة استطاع الانسان استغلال قوة الحيوانات في مساعدته على أنجاز اعمال الزراعة والاعمال التي تتطلب قوة لا يمتلكها . وأخذ الانسان يفكر في أيجاد مصادر طاقة لتأمين احتياجاته الضرورية نتيجة لتطور طرق المعيشة والسكن وزيادة الادراك التقني . فأستطاع استعمال قوة الرياح في ابحار السفن الشراعية وادارة الطواحين الهوائية واستغلال المساقط المائية في ادارة الته الميكانيكية . وظل الانسان حبيس الطاقة لايستطيع استغلالها في الزمان والمكان الذي يرغب فيهما . وعند ذلك الوقت لم يعرف

احد ان الشمس هي مصدر كل الطاقات المتواجدة على كوكب الأرض . وقد استغل الانسان بعض مصادر الطاقات المتعددة في خدمته .

وفي القرن الثامن عشر ميلادي وبالتحديد خلال الثورة الصناعية التي شهدتها القارة الاوربية ، اكتشفت المكائن البخارية التي احدثت منعطفا في تغيير حياة الانسان وحققت تطورا في اغلب المجالات . وفتحت أفاقا جديدة لطموحات مستقبلية واسعة . وتعتبر هذه المرحلة الاولى لاستعمال الأنسان لمصدر طاقة جديدة من اكتشافه . حيث استعملت المكائن البخارية السريعة في دفع عجلات رفع الماء وادارة مطاحن الحبوب في الحقول السهلة والمرتفعات وتشغيل وسائل النقل المختلفة . وبعدها بقليل تم اختراع مكائن الاحتراق الداخلي في عام 1870 وجاء بعدها ايضا اكتشاف مصادر الطاقة الاحفورية مثل النفط والغاز الطبيعي اللذان استعملا بكثافة شديدة لاحقا . وعند اكتشاف مصادر الطاقة الاحفورية وجدت انها مصادر غير متجددة قابلة للنضوب . وتعتبر مصادر طاقة مركزة متوفرة بسهولة الاستعمال ويمكن ان نحصل مقابلها على جهد ميكانيكي جيد يعتمد على كفاءة الماكنة المستعملة . وعند اختراع المكائن الحرارية واستعمال مصادر الوقود الاحفوري بسهولة تامة استطاع عند ذلك تذليل الصعاب . وأصبحت الطاقة قابلة للانتقال واعطت حرية التصرف ووسعت حركة الأنسان . ولاول مرة لم يعد يشعر الانسان انه حبيس الطاقة واستطاع أستغلال مصادر الطاقة في المكان والزمان والمجالات المطلوبة التي يرغب فيها ، وأستغلال الطاقة المتولدة من المكائن في المكان المعين لانتاج الشغل المطلوب في الوقت المحدد . وأزداد استغلال مصادر الطاقة عندما تم أكتشاف توليد الكهرباء وتطور بناء محطات مركزية لتوليد الكهرباء بأستخدام الوقود الاحفوري أو استخدام المساقط المائية وتوزيع الكهرباء بواسطة شبكات التوزيع المنتشرة في جميع المناطق لتوصيل الكهرباء الى المستهلك مباشرة .

وبعد الحرب العالمية الثانية اعتبرت الطاقة الذرية مصدرا جديدا من مصادر الطاقة حيث بعدها بسنوات بدأت عملية بناء محطات توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الذرية لسد أحتياج الكهرباء في مناطق عديدة من العالم .

وفي الوقت الحاضر ، بدأ كل بلد في العالم يحسب احتياجه للطاقة الحالية والمستقبلية ويخطط بالطرق المتاحة لتوفيرها من مصادر جديدة سواء كانت متوفرة محليا أو مستوردة . ويمكن بسهولة تقسيم مصادر الطاقة على اساس تجاري أو غير تجاري . والمصادر التجارية تكون عادة من مصادر الطاقة الاحفورية (الفحم ، النفط ، الغازالطبيعي) وتوليد الكهرباء بواسطة المساقط المائية والطاقة

التربة . حيث ان الطاقة الناتجة من هذه المصادر يسهل تسويقها من مكان الى اخر . اما المصادر غير التجارية وتشمل الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات . فأن أغلب مصادر الطاقة التي تستعمل في البلاد الصناعية مثل الولايات المتحدة الامريكية تكون من الانواع التجارية . أما في البلاد النامية مثل الهند فأنها تستعمل مصادر الطاقة التجارية وغير التجارية ويعتبر هذان المصدران متكافئين في سد الحاجة من الطاقة . بينما الدول الفقيرة تعاني من نقص شديد في توفر الطاقة وتستعمل مصادر طاقة غير تجارية في سد جزء من متطلباتها . وخلال الاعوام الماضية ازداد الطلب على النفط نتيجة التطور التقني والزيادة الحاصلة في عدد السكان في العالم ، مما سيؤدي الى نضوب النفط خلال القرن القادم . ولهذا بدأت البحوث لدراسة ماهو متوفر من مصادر الطاقة الاحفورية وكيفية أيجاد وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وايجاد مصادر طاقة بديلة نظيفة . ومن الارقام المتحصلة من حصر كميات النفط المتوفرة يمكن التكهن بعمر الاحتياطي النفطي المتوفر ضمن التوقعات المستقبلية لاستهلاك الطاقة . وعند ذلك يمكن التعرف على مدى الحاجة الى مصادر طاقة بديلة وكيفية توفرها .

وهنا لابد من الاشارة الى أن الانسان يرغب في التطور لعيش حياة اكثر سعادة وراحة مما يجعله حريصا على تأمين هذه المتطلبات عن طريق توفير الطاقة الضرورية المستعملة في جميع مجالات الحياة . وأصبحت معدلات استهلاك الفرد من الطاقة احد المؤشرات المهمة التي تدل على مدى تطور المجتمع . ومن مساوئ التوسع في استهلاك الطاقة بالصورة الجارية في الوقت الحاضر هي مشاكل تلوث البيئة التي شملت الهواء والماء والأرض . وبدأ تأثير أنتاج الغازات المختلفة من اشتعال النفط والغاز والفحم في محطات التوليد والمعامل والمركبات...الخ الى تأثر الغلاف الغازي المحيط بالكرة الارضية وكذلك التأثيرات السلبية المباشرة على حياة الأنسان والحيوان والنبات . بالاضافة الى مساهمة الأنسان من خلال المخلفات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة التي لها تأثيرات أنية أومستديمة شديدة على الكائنات الحية . والخطر المهم الأخر هو الفضلات النووية الناتجة من استعمال الوقود النووي في تشغيل المحطات النووية لتوليد الكهرباء وتحلية المياه . ولحد الان لم يكتشف الأنسان تأثير الملوثات على المدى البعيد سوى التحسس بالمضار الآنية والتأثيرات المحسوسة والملموسة التي تظهر حليا ويمكن تشخيصها وتحديد مسبباتها . ولغرض تلافي مثل هذه المشاكل الآن ومستقبلا ، فقد بات من الضروري ايجاد مصادر طاقة بديلة نظيفة تؤمن متطلبات العيش براحة تامة في ظل جو طبيعي .

2 . 3 . انواع مصادر الطاقة

ويمكن تقسيم مصادر الطاقة الى مصادر الطاقة الاحفورية وتشمل النفط ومشتقاته والفحم بانواعه ومصادر طاقة متفرقة وتشمل الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات ومصادر الطاقة الجديدة والمتجددة وتشمل الطاقة الشمسية والرياح ... الخ . وسنتطرق الى انواع مصادر الطاقة بشئ من التفصيل .

2 . 4 . مصادر الطاقة الاحفورية

أن مصادر الطاقة الاحفورية حسب النظرية السائدة قد تكونت من جراء اندثار الحيوانات والنباتات في التشققات العميقة في باطن الأرض التي حدثت بسبب حركة قشرة الأرض منذ الاف السنين . ويمكن تقسيم هذه المصادر الى مايلي : -

2 . 4 . 1 . الفحم

تكون الفحم من النباتات المدفونة بمعزل عن الاكسجين ، تحت سطح الارض منذ الاف السنين . ويحتو الفحم المنتشر بصورة متنوعة من الوقود الصلب . وهذا التنوع تقريبا يعني وصفا للتركيب الكيمياوي للفحم المتوفر ، ويمكن تقسيمه الى أربعة أنواع رئيسية . ومن خلال المصادر المتوفرة يمكن القول بأن انتاج الفحم في العالم كان منتظما في بداية القرن الحالي وأخذ بالارتفاع بزيادة منتظمة حتى بداية الحرب العالمية الأولى . وأخذ معدل انتاج الفحم بالتذبذب صعودا ونزولا خلال الفترة الواقعة مابين الحرب العالمية الاولى والثانية . واستمرالانتاج بالارتفاع المنتظم بعد الحرب العالمية الثانية وذلك للتطور التقني الهائل والزيادة السكانية في العالم . ومنذ منتصف السبعينات اخذت معدلات انتاج الفحم بالتناقص وذلك بسبب توفر مصادر طاقة جديدة أفضل بكثير من الفحم . ولازالت هناك كميات كبيرة من المخزون الاحتياطي متواجد في كل من الولايات المتحددة الامريكية ودول الاتحاد السوفيتي سابقا والصين بنسبة 90 ٪ من المخزون الاحتياطي في العالم . وهذا يعني بأن الفحم سوف يكفي لمدة مئة عام اذا ما أستمر الانتاج على معدلاته الحالية . واذا ماتم التخطيط لرسم سياسة ترشيد استهلاك الفحم فمن المتوقع أن يكفي المخزون الحالي حتى عام 2250 . ويستخدم الفحم في تشغيل مولدات البخار والكهرباء والتدفئة والطبخ...الخ .

2 . 4 . 2 . النفط

ان مصدر النفط يكمن في الاحياء المندثرة تحت باطن الارض منذ الاف السنين . وبسبب وجود حرارة وضغط طبقات الأرض تكون السائل المعروف بالنفط . ويعتبر التركيب الجزيئي لمركبات النفط من فصيلة المركبات الهيدروكاربونية . وقد ازداد استهلاك النفط منذ اكتشافه في مطلع القرن العشرين . واستمرت معدلات الانتاج بارتفاع مستمر خلال الحربين العالميتين . وكانت الزيادة السنوية في معدلات الانتاج بنسبة 7 ٪ مابين عام 1945 – 1970 . ووصلت كمية الانتاج الى 17×10^9 برميل نفط في عام 1970 . وفي ازمة الطاقة العالمية عام 1973 أزداد الطلب على النفط فارتفعت معدلات الانتاج العالمي الى 230×10^9 برميل نفط . ورافقت ازمة الطاقة مشاكل تلوث البيئة . وراحت هذه المشاكل تهدد حياة الأنسان بصورة مباشرة ، مما توجب الاتجاه الى ايجاد مصادر طاقة جديدة ومعالجة مشاكل التلوث البيئي ، ودفع الى ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية اولا ضمن خطط أنية قصيرة الامد وأيجاد مصادر جديدة للطاقة ثانيا ضمن خطط استراتيجية . وقد ساعدت هذه الاتجاهات الى تقليل الطلب على النفط رغم تطور التقنيات المختلفة التي تحدث في جميع مرافق الحياة . وتقدر كمية الاحتياطي النفطي العالمي 2000×10^9 برميل . والجزء الاكبر منه متوفر في منطقة الشرق الاوسط وشمال أفريقيا . ولابد من الاشارة الى أن هناك اكتشافات جديدة لحقول النفط في بعض مناطق العالم . وتذبذبت أسعار النفط في نهاية الثمانينات وانخفضت في بداية التسعينات وذلك للخطوات العملية المتخذة في مجال ترشيد استهلاك الطاقة وايجاد مصادر طاقة جديدة وخطط مكافحة التلوث البيئي . اصبح استخدام النفط ومشتقاته واسعا كوقود لتشغيل المحركات المختلفة ومولدات الكهرباء والبخار وأجهزة التدفئة والطبخ...الخ والصناعات البتروكيمائية المختلفة . ينافس النفط توفر الكهرباء كمصدر طاقة سهل الحصول عليه والاستعمال وقليل المضار الجانبية .

2 . 4 . 3 . الغاز الطبيعي

يوجد الغاز الطبيعي في خزانات أرضية بين طبقات الأرض في حقول النفط . ويندفع الغاز الطبيعي الى سطح الارض بصورة تلقائية في بعض مناطق العالم . ولحد الان لاتوجد تقديرات مضبوطة لكميات الغاز المتوفرة ولهذا من الصعب تخمين عدد السنوات التي يستغرقها استهلاك الغاز في العالم حتى ينضب . ومن الطبيعي ان الغاز يوجد جنبا الى جنب النفط ولهذا يمكن الحصول على تخمين اولي لكميات الغاز الموجودة من تقديرات كميات النفط الموجودة حاليا . ويمكن القول بان معدل الارقام

المقبولة لتقدير الغاز الطبيعي حوالي 170 متر مكعب لكل برميل نفط . وعند أستعمال هذا الرقم يمكن تحديد احتياطي الغاز الطبيعي 340×10^{12} متر مكعب . ويتوقع ان يستغرق وقت نضوب الغاز الطبيعي نفس الوقت الذي يستغرقه نضوب النفط . ومايتطبق من حديث على استعمالات النفط ومشتقاته ينطبق كليا على الغاز الطبيعي . ويستعمل الغاز الطبيعي في تشغيل المعامل الصناعية والتدفئة والطبخ والمولدات.... الخ .

2 . 5 . طاقة المساقط المائية

تتوفر الطاقة من جراء سقوط المياه من ارتفاع ما بسبب قوة جاذبية الارض لتدوير مولدات الكهرباء . واستعملت هذه الطريقة في بداية القرن العشرين لتوليد الطاقة الكهربائية بطاقة هائلة . وساعد في توسع استخدام المساقط المائية لتوليد الطاقة الكهربائية انتشار شبكات نقل وتوزيع الكهرباء من المساقط المائية سواءا كانت شلالات طبيعية أو سدودا صناعية منصوبة على منابع الانهار والبحيرات . وأنحصرت بعض مناطق العالم في انتاج الطاقة الكهربائية على هذه الطريقة بسبب توفر المساقط المائية الطبيعية او الصناعية أو الاثنين معا . ومن اهم فوائدها انها تعتبر من احد مصادر الطاقة المتجددة . وتعتبر ايضا في الوقت الحاضر من مصادر الطاقة التجارية لتوليد الكهرباء ثم وتمتاز بعدم احداثها مضار جانبية . وتعد المساقط المائية من اهم مصادر الطاقة التي تحافظ على سلامة البيئة .

2 . 6 . الطاقة النووية

يمكن الحصول على الطاقة من جراء الانشطار النووي الذي يحدث في المفاعلات النووية . وشاع استعمال المفاعلات النووية التي تستخدم نظائر اليورانيوم المشعة U^{235} . وهذه النظائر موجودة بحدود أقل من 1٪ من اليورانيوم الطبيعي . واول محطة نووية لتوليد الكهرباء قد تم تشغيلها عام 1957 في الولايات المتحدة الامريكية . بعد ذلك انتشر استعمال هذه الطريقة بشكل واسع في جميع مناطق العالم وخاصة في النصف الشمالي من الكرة الارضية لسد حاجتها المتزايدة من الطاقة . وبسبب النتائج الخطورة التي رافقت انفجار محطة شرنوبول النووية عام 1986 في الاتحاد السوفيتي سابقا ، اعيد التفكير جديا في بناء المحطات النووية . وعلى كل حال فان الخوف من المخاطر المحدقة والعواقب الوخيمة التي تنجم عن هذه المحطات بسبب حدوث انفجار أو تسرب المواد المشعة ، ادى الى

تباطئ انتشار بناء المحطات النووية بشكل ملحوظ في السنوات الاخيرة . وكذلك واجهت عملية بناء المحطات النووية معارضة شديدة وواسعة من كافة فئات المجتمعات المتوزعة على عموم الكرة الارضية .

2 . 7 . مصادر طاقة متفرقة

هناك مصادر طاقة اخرى غير تجارية يمكن الحصول عليها في مناطق مختلفة من العالم . وتساهم هذه المصادر في سد احتياج الطاقة لنسبة عالية من سكان العالم قد تصل الى اكثر من 50٪ من احتياج الطاقة في الدول الفقيرة . ويعتبر الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات من أهم هذه المصادر التي تستعمل غالبا في عمليات التدفئة والطبخ والانارة . فالحصول على الخشب من قطع اشجار الغابات ادى الى تقليل مساحة الاراضي الخضر وساعد ذلك على نمو الاراضي الجرداء وزحف التصحر على المناطق الزراعية . وتستعمل فضلات الحيوانات في عمليات توليد الغاز الحيوي في وحدات التوليد المتوزعة في المناطق الريفية النائية . ويستعمل الغاز الحيوي في اغراض الطبخ والانارة والتدفئة . ويؤدي استعمال هذه المصادر الى احداث اضرار جانبية وبيئية مختلفة .

2 . 8 . مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة

بدا الاهتمام واضحا في كافة بقاع العالم بعد ازمة الطاقة عام 1973 بمصادر الطاقة البديلة الجديدة والمتجددة والدور الفعال الذي يمكن أن تساهم به في الوقت الحاضر وفي المستقبل عند نضوب النفط . وقد أقيمت المختبرات والمراكز البحثية المتخصصة لاجراء التجارب والبحوث النظرية والتطبيقية التي من شأنها ان تخلق تقنيات ملائمة ذات جدوى اقتصادية وبيئية ، وتم توظيف كافة الامكانيات المتاحة لهذا القطاع لغرض تحقيق الغاية المنشودة . ومن أهم انواع مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة واستخداماتها المختلفة التي شملها البحث والتطبيق بصورة واسعة هي :

2 . 8 . 1 . الطاقة الشمسية

سيتم في فصل (5) التعرف بصورة مفصلة على الطاقة الشمسية وطرق قياسها والتقنيات المستخدمة في التطبيقات المختلفة . ويمكن تقسيم تقنيات استخدام الطاقة الشمسية في مجالين رئيسيين هما :

- التحويل الحراري للطاقة الشمسية
- التحويل الكهربائي للطاقة الشمسية (الخلايا الشمسيــة)

2 . 8 . 2 . طاقــة الريـــاح

تتولد حركة الرياح نتيجة لامتصـاص اشعة الشـمس مـن قبـل عنـاصر الجـو وسـطح الارض وبسبب دوران الارض حول الشمس وحول نفسها . ان هذه الاسباب تولـد سلسـلة مـن عمليـات التدفئة والتبريد فـوق سـطح الارض وتسـبب ايضـا حـدوث تخلخـل وفـروق ضغـط مـن منطقـة الى اخرى ، مما يساعد على حركة الهواء على شـكل تيـارات هوائيـة علـى سـطح الارض . ان الطاقـة الكامنة في حركة الرياح كبيرة لايستهان بها . ان الطاقة الكلية التي يمكن الحصـول عليهـا مـن طاقـة الرياح تعادل كمية الطاقة المستهلكة من النفط على سطح الارض في الوقت الحـاضر ، بالاضافـة الى ان طاقة الرياح طاقة نظيفة وحرة متوفرة للاستعمال .

ان المصاعب التي تواجه استخدام طاقة الرياح هي نفس المصاعب التي تواجه استخدام الطاقـة الشمسية . ومن اهم هذه المصاعب :

- اختلاف معدلات طاقة الرياح باختلاف الموقع الجغرافي
- تحتاج الى محولة ميكانيكية كبيرة تسبب في فقدان جزء من الطاقة المجمعة
- تختلف معدلات طاقة الرياح المتوفرة خلال اليوم الواحد ومن فصل الى اخر

ويتبين من المصاعب السالفة الذكر بان طاقة الرياح قد تكون غير متوفرة في بعض الاوقات . ولتأمين توفر الطاقة بصورة مستمرة وبدون انقطاع ، يتطلب استعمال احد انواع طرق خزن الطاقـة الاحتياطي .

استخدمت الرياح منذ القدم كأحد مصـادر الطاقـة الحركيـة الـتي تسـتعمل في عمليـات طحـن الحبوب وضخ المياه . وفي مطلع القرن الحالي زاد الاهتمـام باسـتخدام طاقـة الريـاح في توليـد الطاقـة الكهربائية في المناطق التي تتوفر فيها سرع رياح مناسبة لتشغيل مراوح ريحية لما لها من مردودات بيئية سليمة . وأخذ البحث والتطوير مجالا واسعا لغرض الوصـول الى تكنولوجيـا تسـاهم بتوفـير الطاقـة الكهربائية بأسعار تضاهي اسعار الطاقـة الكهربائيـة الناتجـة مـن حـرق الوقـود الأحفـوري . ويمكـن تعريف منظومات تحويل طاقة الرياح بأنها آلة تقوم بتحويـل الطاقـة الحركيـة الكامنـة في الريـاح الى طاقة كهربائية او الى طاقـة ميكانيكيـة علـى هيئـة حركـة دورانيـة أو ازاحيـة أو ترددية ، وتعـرف

منظومات تحويل طاقة الرياح بالمراوح الريحية أو المراوح الهوائية ، وتصنف الى نوعين حسب اتجاه محور دورانها بالنسبة لاتجاه الرياح ومستوى سطح الأرض ، وهما مراوح رأسية المحور والأخرى أفقية المحور ، كما في الشكل (2 . 1) .كما يمكن تقسيم المراوح من حيث الاستخدام الى نوعين :

1 . مراوح تستخدم لضخ المياه مباشرة بتحويل الطاقة الحركية للرياح الى طاقة ميكانيكية لتشغيل مضخات مائية مثل المراوح الافقية متعددة الريش القادرة على العمل في مناطق ذات سرع رياح منخفضة تتراوح بين 2 – 3 متر/ الثانية . وتتكون هذه المراوح من عدد كبير من الريش يتراوح من 12 – 24 ريشة تكون عادة على هيئة صفائح معدنية مزودة بدفة توجيه مثبتة خلف الريش ، وتتراوح اقطارها في الانواع الكبيرة من 5 – 8 متر . وتثبت المروحة الريحية على برج هيكلي مصنوع من الحديد يعتمد تحديد ارتفاعه على الموقع الجغرافي الذي سوف تركب فيه المروحة . ونظرا لقوة العزم الكبيرة المتولدة من دوران المروحة فأنها تستخدم لضخ المياه بواسطة مضخات مكبسية .

2 . مراوح تستخدم لتوليد الكهرباء تتميز بسرع دوران عالية قادرة على تشغيل مولدات كهرباء . وينحصر عدد الريش في هذه المراوح من 1 – 4 ريشة . ويكون المقطع العرضي لها على هيئة جنيح ، كما تحتاج الى تقنيات عالية في عملية التصنيع . ويعتبر هذا النوع من المراوح الافقية المحور الاكثر انتشارا في العالم لما له من مزايا مثل خفة الوزن نسبيا خصوصا بعد ادخال استعمال الالياف الزجاجية في عمليات تصنيع الريش بدلا من المعدن . كما ان سرع دورانها عالية نسبيا تسمح بتركيب مولدات كهربائية ذات مغناطيسيات صغيرة وملفات صغيرة كالتي تركب في المراوح ذات السرع البطيئة . ان هذه المراوح مزودة بصندوق التحكم وعادة يكون توجيه الريش الى اتجاه الرياح عن طريق محركات موازرة تعتمد في تشغيلها على جهاز قياس اتجاه الرياح ومولد مقياس السرعة الزاوية للرياح ومجموعة من المقاومات ومضخم الجهد . ويبدأ المحرك حركته بناء على فرق الجهد بين مولد مقياس السرعة الزاوية والنظيدة . وعموما تصنف هذه المراوح حسب القدرة الناتجة منها الى مراوح صغيرة الحجم قدرتها اقل من 100 كيلوواط . وتستخدم عادة في تطبيقات منفصلة او مع مولدات الاحتراق الداخلي في توفير الطاقة لاحتياجات محدودة . والمراوح المتوسطة الحجم قدرتها من 100 الى 550 كيلوواط ، وهذه الاحجام قد اثبتت جدولها الاقتصادية . واقيمت العديد من المزارع الريحية من هذا النوع في مختلف انحاء العالم لتوليد الكهرباء . اما النوع الثالث

يعرف بالمراوح العملاقة قدرتها اكبر من 550 كيلوواط ، كما في الشكل (2 . 2) ، و يوضح الجدول (2 . 1) المراوح العملاقة المركبة في العالم .

ولغرض معرفة كفاءة أداء المراوح الهوائية يمكن استعمال المخطط البياني الذي يربط العلاقة بين معامل الاداء (Cp) على المحور الصادي ونسبة السرعة الرأسية (U/V_{∞}) على المحور السيني . ويوضح الشكل (2 . 3) كفاءة الاداء لبعض انواع المراوح . ويعرف معامل الاداء بالمعادلة التالية :

$$(Cp) = \frac{P}{P_{max}} = \frac{P}{1/2\ \rho\ A\ V^{3}_{\infty}} \quad .... (1 . 2)$$

حيث ان

P الطاقة المتولدة من المروحة (W)

Pmax الطاقة الكلية الكامنة في الرياح (W)

ρ كثافة الهواء في درجة حرارة الهواء عند قياس سرعته (kg / m^3)

A مساحة دوران الريشة (m^2)

U سرعة الدوران على رأس الريشة (m/s)

V_{∞} سرعة الرياح (m/s)

وتركزت المشاريع الكبيرة لاستغلال طاقة الرياح باقامة مزارع ريحية تستخدم مراوح متوسطة الحجم في كثير من دول العالم مثل أمريكا والدنمارك وهولندا التي تعتبر من الدول النشطة في العالم في مجال طاقة الرياح ويوضح الجدول (2 . 2) المزارع الريحية المركبة في هذه الدول . ولتفادي تكاليف تخزين الطاقة فقد تم ربطها بالشبكة الكهربائية العامة .

وبفضل هذه المزارع بلغ انتاج العالم للطاقة المولدة بالرياح لسنة 1992 نحو 4.3 بليون كيلوواط/ساعة منها 67% تحققت في المزارع الريحية المقامة في الولايات المتحدة ، فقد بلغ انتاجها 2.8 بليون كيلوواط/ساعة ، وحوالي واحد بليون كيلوواط.ساعة لدول اوربا مجتمعة . كما ان العديد من دول العالم وضعت سياسة مستقبلية تستهدف زيادة سعة الطاقة المتولدة بالرياح كما مبين في الجدول (2 . 2) الذي يوضح طاقة الرياح المركبة والمستهدفة في هذه الدول .

واستخدمت مصر في بداية التسعينات مزارع الرياح على ساحل البحر الاحمر لتوليد الطاقة الكهربائية . وتجري حاليا العديد من التجارب لانشاء المزارع الريحية في البحر بالقرب من الساحل على أعماق بسيطة ، وذلك ببناء قواعد خرسانية خاصة قادرة على تحمل مياه البحر ، ويكون اسفل برجها في مستوى أعلى من مستوى سطح المياه ، ومن هذه التجارب وجد أن تكلفة التشغيل والصيانة أعلى من التربينات المركبة على اليابسة بحوالي 30% .

2 . 8 . 3 . طاقة الكتلة الحيوية

هي الطاقة الناتجة من تفسخ النباتات والفضلات الحيوانية ويمكن أن تكون مصدرا للطاقة وذلك عن طريق أستخدام تقنيات التحويل الكيميائي الحراري أو التحويل الحيوي . وأن الطرق الكيمياوية الحرارية قد تكون أكثر ملائمة وكفاءة في تحويل المواد السيليلوزية الى طاقة . ومن الطرق الحيوية وبالخصوص منها الهضم يعتبر الوسيلة الاكثر كفاءة في تحويل المواد العضوية الرطبة لانتاج الغاز الحيوي بالاضافة الى أمكانية أعادة أستخدام المواد العضوية المتبقية كسماد للارض . وتساهم أيضا في حماية البيئة . أما الأبحاث القائمة في هذا المجال فقد سخرت لتطوير تقنيات الأنتاج والتحويل الناجحة أو المحاولة لأيجاد طرق جديدة لانتاج الغاز الحيوي . وقد أستخدمت الطاقة الناتجة من الغاز الحيوي في المناطق الريفية للأغراض المنزلية في الطبخ والأنارة غالبا وفي توليد االكهرباء والتدفئة ولتسخين المياه في المدن والمصانع وتشغيل محركات الأحتراق الداخلي .

ويعود تاريخ أكتشاف هذا المصدر الى عصور قديمة جدا قد تكون مع بداية أكتشاف الأنسان للنار حيث كان الخشب هو المصدر الرئيسي للطهي والتدفئة . ولايزال وقود الخشب يمثل المصدر الرئيسي للطاقة لحوالي خمس سكان العالم ويوفر هذا المصدر أكثر من 80٪ من أحتياجات بعض دول العالم الثالث من الطاقة .

أما الفضلات العضوية فقد أستخدمت منذ عقود في توليد الطاقة عن طريق الحرق المباشر بعد التجفيف ولكن هذه الطريقة تحرم الأراضي الزراعية من السماد العضوي مما يؤثر سلبا على الأنتاج الزراعي حيث قدر ان حرق طن من الفضلات الحيوانية يسبب خسارة تقدر بحوالي خمسين كيلو غرام من الحبوب ولتفادي هذه المشكلة تم الاعتماد على تقنية أنتاج الغاز الحيوي يعني أساسا غاز الميثان) CH_4 (الذي نحصل عليه نتيجة لعملية الهضم أو التخمير التي تتعرض لها المواد العضوية بدون وجود اكسجين . وعملية التخمير هذه هي عبارة عن تكسير المواد العضوية التي تحتويها مواد بيولوجية

(مخضروات ، مخلفات ، غلال ، قمامة ، فضلات حيوانية) هذه المواد العضوية تتمثل أساسا في المواد السكرية ، بروتينات وأحماض دهنية . ويقوم بتكسير هذه المركبات نوعان من البكتريا يكمل بعضها عمل البعض الآخر ، كما يوضح الشكل (2 . 4) مراحل عملية الهضم .

- المعدات المستعملة لتصنع الغاز الحيوي

تستعمل في هذه التقنية اوعية خاصة تتم فيها العملية في ظروف ثابتة من حموضة ودرجة حرارة ، حيث تخلط بكمية من الماء كما تستقر بعد استيفائها عملية التخمير داخل حوض تفريغ لاستعمالها فيما بعد . ويوضح الشكل (2 . 5) بعض نماذج الأوعية المستعملة ومكوناتها الأساسية .

1. الهاضم

هو عبارة عن حوض اسطواني أوكروي الشكل ، مغلق باحكام لمنع التسرب سواء خارج الهاضم أو داخله حيث تقع عملية هضم المواد الأولية في ظروف ثابتة من حيث أن درجة الحرارة تكون (33 - 35 °C) والحموضة (6 . 5 – 7 . 5) وتؤدي مهمة الهضم مجموعتان من البكتيرياء تكسر الأولى منها المواد العضوية المعقدة الى مركبات بسيطة بينما تقوم المجموعة الثانية بتحويل هذه المركبات البسيطة الى غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون ، وأنواع الهواضم المستعملة بعدة بلدان من العالم (الهند ، الصين ، مصر والسودان) تختلف أساسا في تقنية بنائها ، فمنها ذات السقف الثابت حيث يتغير الضغط داخلها بتغير كمية الغاز المنتج ، وتكون ذات سقف عائم يكون الضغط ثابتا نتيجة تغير حجم الهاضم .

2 ـ حوض الامداد

هذا الحوض مهيأ لاستقبال المواد الأولية ومزجها بالماء داخله اذا دعت الحاجة الى ذلك .

3 ـ حوض التفريغ

هذا الحوض معد لاستقبال الكمية الفائضة من المواد التي استكملت عملية الهضم ، كما تحدث داخل هذا الحوض أحيانا عملية فصل المواد الصلبة عن الماء ، أو تجفيفها داخله اذا دعت الحاجة الى ذلك .

4 ـ المواد الأولية المستعملة لانتاج الغاز الحيوي

ان المواد الأولية المستعملة لانتاج الغاز الحيوي تختلف من ناحية النوع والمصدر أذ انها تحتوي على بعض العناصر الضرورية لانتاج الغاز الحيوي ، وهي : السكريات والبروتينات والأحماض الدهنية . وهذه المواد تؤثر تأثيرا مباشرا في نسبة الغاز الحيوي النهائية المنتجة . ويعرض الجدول (2 . 3) بعض المواد الأولية الممكن استعمالها لانتاج الغاز الحيوي .

ان تقنية انتاج الغاز الحيوي هي ليست بالجديدة فقد عرفت منذ حوالي ثلاثة قرون وخلال الخمسين سنة الأخيرة تم تطوير هذه التقنية لمعالجة مياه المجاري فمثلا وصل عدد وحدات تنقية مياه المجاري في المانيا الى 48 وحدة وكان أنتاج الغاز العضوي من هذه المحطات 16 مليون متر مكعب أستخدم منه 3.4 ٪ لتوليد الطاقة ، 16.7 ٪ لتدفئة الهاضمات ، 28.5 ٪ تمت تغذيتها في شبكة غاز المدن و 51.4 ٪ حولت الى وقود للعربات . وفي ألمانيا كذلك تم أنشاء مشروع متكامل لتوليد الطاقة في أحدى الجزر من الخلايا الشمسية والرياح والغاز الحيوي من فضلات المجاري بقدرة 420 كيلوواط . أما في روسيا فقد أنشات محطة لتوليد الغاز الحيوي من النفايات الصلبة المجمعة من مدينة موسكو تستوعب 8000 مترا مكعبا من النفايات وتعطي 12000 مترا مكعبا من الغاز الحيوي . وكذلك أنتشر بناء وحدات صغيرة لانتاج الغاز الحيوي في ثلاثين دولة من دول العالم الثالث . ويقدر عدد الوحدات في الصين حوالي ثمانية ملايين وحدة وفي الهند حوالى 10000 وحدة وكوريا 60000 وحدة . أما في الدول العربية التي أولت هذا الموضوع الأهتمام فهي مصر والمغرب وسوريا والأردن وتونس والعراق والجزائر والسودان واليمن وأنشات هذه الوحدات الصغيرة لتوليد الغاز في المناطق النائية والريفية . كما أن لبعض الدول برامج تطوير هذه التقنية مثل الفلبين ، الباكستان وتايلند . يوضح الشكل (2 . 6) مشروعا متكاملا لتوليد الغاز الحيوي .

إن تقنية الغاز الحيوي يمكن إستعمالها لإستغلال أمثل للفضلات البشرية والحيوانية سواء على مستوى مدينة أو مزرعة وتحقيق الإكتفاء الذاتي المستمر من الوقود وكذلك من الاسمدة العضوية ، كما أن تقنية الغاز الحيوي لها مزايا أخرى وهي :

1. لا تحتاج إلى مساحات كبيرة لإقامة مشروع توليد الغاز الحيوي
2. لا تحتاج إلى تكاليف باهضة وأجهزة لإنشاء المشروع
3. سهولة التشغيل
4. توفر المواد الأولية
5. سهولة الحصول على طاقة بديلة ميدانيا
6. المحافظة على سلامة البيئة
7. توفير سماد عضوي مهم لتسميد الأراضي الزراعية
8. أحدى الوسائل التي تساعد على تقدم المجتمعات الفقيرة

2 . 8 . 4 . المياه الجيوحرارية

لقد جرت في معظم دول العالم خرائط لتحديد مواقع وحصر كميات ودرجات حرارة مصادر المياه الحرارية الجوفية والمياه المعدنية الحارة (الجيوحرارية) . واقيمت دراسات ومشاريع تطبيقية عديدة من جهات حكومية وشركات خدمية لاستغلال الحرارة الجوفية والمياه المعدنية الحارة لاغراض التدفئة والاستعمالات المنزلية والخدمية المختلفة .

يمكن تقسيم مصادر الطاقة الجيوحرارية على اساس علاقة الوسط الناقل للحرارة "الماء او البخار " بالمصدر الحراري من باطن الارض الى ثلاثة اقسام :

- القسم الاول : وهو الاكثر شيوعا واستعمالا ، تكون فيه المياه الساخنة في وسط صخري مسامي ونفاذ ، وبذلك يكون من الممكن لهذه السوائل الصعود الى السطح لتكون الينابيع الساخنة وغيرها من الظواهر الدالة على وجود الطاقة الجيوحرارية .

- القسم الثاني : تكون فيه السوائل محجوزة داخل وسط صخري مسامي وغير نفاذ وهذه تكون عادة على اعماق بعيدة وتحتاج غالبا الى عمليات حفر لتخرج الى سطح الارض .

- القسم الثالث : تكون فيه المياه غير موجودة ولكن وجود الوسط الصخري مرتفع درجات الحرارة ، يحتاج الى ضخ المياه واعادة استقبالها ساخنة ويسمى موقع صخري جاف ساخن (Hot Dry Rock) .

- تطبيقات طاقة الجيوحرارية

مهما يكون نوع المصدر الحراري فان الاستخدام لابد ان يكون بانتقال الحرارة عن طريق الوسط السائل الساخن وهي المياه او الابخرة الساخنة ، ويمكن استخدام الطاقة الجيوحرارية على نوعين :

- استخدام غير مباشر

وهو الاهم والاقل شيوعا وفيه تستعمل المياه والابخرة الساخنة في تدوير المولدات لتوليد الكهرباء . ويستلزم هذا النوع درجات حرارة عالية لاتقل عن 120 درجة مئوية ويسمى نظام من درجة عالية (High Grade System) . يوضح الشكل (2 . 7) محطة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام حرارة المياه الجوفية .

- استخدام مباشر

وهنا تستخدم المياه الساخنة مباشرة في الكثير من الاغراض مثل التجفيف ، التسخين ، التدفئة ، الاستحمام (العلاج الطبيعي) ، مزارع السمك ، زراعة الفطر (Mushroom) ، التحلية ، انتاج المعادن والكيمياويات . اما مدى درجة الحرارة في الاستخدام المباشر فهو بين 20 - 150 درجة مئوية .

استعمالات المياه الجيوحرارية

تستخدم طاقة الجيوحرارية في المياه الحارة بدرجة حرارة 149 مئوية المستخرجة من 17 بئرا لتجهيز الماء الحار الى مصنع سكر البنجر في الولايات المتحدة . وكذلك استخدمت في تدفئة المباني في ولاية داكوتا الامريكية وكندا وفي مناطق متفرقة من العالم . وكانت من اهم المشاريع التطبيقية للمياه الجيوحرارية في توليد الكهرباء في كل من ايطاليا ، نيوزلندا ، الفلبين ، امريكا ، اليابان ، البرتغال ، تركيا ، السلفادور ، روسيا والصين . وكذلك تستخدم في تدفئة البيوت الخضر (الصوبات الزراعية) والعلاج الطبيعي في مناطق عديدة من العالم . ونذكر منها في العالم العربي العراق ، الجزائر ، تونس ، الجماهيرية الليبية ومصر على نطاق ضيق جدا

ان المردودات الاقتصادية التي حققتها استعمالات المياه الجيوحرارية في المجالات المختلفة اصبحت من احد الاساسيات المهمة التي تؤخذ بعين الاعتبار عند التخطيط لوضع التصميم الاساسي لتوزيع وانشاء المدن والمجمعات السكانية الجديدة . ولازالت الابحاث جارية في هذا الموضوع للوقوف على اساسيات ومحددات الجدوى الاقتصادية .

2 . 8 . 5 . انتاج الهيدروجين

الهيدروجين غاز موجود بوفرة في الكون ، فهو يكون ثلاثة ارباع الكون ويشكل الهيدروجين 75٪ من مكونات الشمس . يعتبر الهيدروجين من العناصر الأساسية في تركيب جزيء الماء ، بينما نسبة وجوده في الطبيعة كعنصر حر قليلة جدا .

ان فكرة استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة ليست جديدة ، ففي سنة 1780 انتج اول مرة غاز مكون من 50٪ هيدروجين ، 40٪ اول اكسيد الكربون وآثار لبعض الغازات الاخرى . وقد توقف استخدام هذا الغاز في الستينات فقط ، حيث استبدل بالغاز الطبيعي . وقد تنبأ العالم الفرنسي جول فرن 1874 في كتابه " جزيرة الالغاز " بان الماء سيستخدم وقودا في المستقبل ، واقترح تحليل الماء

في خلايا التحليل الكهربائي لانتاج الهيدروجين والاكسجين ، ومن ثم استخدام الهيدروجين منفردا مع الاكسجين للحصول على مصدر لاينضب من الطاقة وبالتالي حل مشاكل الطاقة المستقبلية .

فالهيدروجين يمتلك اصغر ذرة كما انه اخف العناصر كثافة وهو قابل للاشتعال ويمكن اسالته بالضغط والتبريد ، ويدخل الهيدروجين في تركيب مواد كيميائية كثيرة من اهمها الماء ، والمركبات العضوية التي تكون الاجسام الحية من نباتات وحيوانات . فهو يتحد مع الكربون لتكوين المواد الهيدروكربونية . كما يتحد مع الكاربون وعناصر اخرى مثل الاكسجين والنتروجين والحديد والماغنسيوم والكبريت والفسفور ليكون مركبات حيوية عديدة . اما وجوده كعنصر منفرد فهو نادر على سطح الارض . وغاز الهيدروجين من اكثر الغازات وفرة في الكون ولكن الغلاف الجوي يفتقر لوجوده كعنصر طليق . ويوجد بنسبة قليلة متحدا مع بعض العناصر على هيئة مركبات في القشرة الارضية . ويوجد بنسبة عالية متحدا مع الاكسجين في الماء الذي يملأ البحار والمحيطات . لذلك تعتبر المياه المتوفرة في البحار والمحيطات المصدر الرئيسي لوقود المستقبل . وحرق الهيدروجين للحصول على طاقة حرارية لاينتج عنه سوى الماء واستخدامه في مولدات الطاقة الكهربائية (خلايا الوقود) من انظف واكفأ الانظمة المستخدمة في الوقت الحاضر ، حيث يتاكسد الهيدروجين ويختزل الهواء او الاكسجين في هذه الخلايا بعد عزل كل منها على اقطاب مسامية خاصة . وعند سريان الالكترونات في دائرة كهربائية خارجية يتم الحصول على طاقة كهربائية .

للهيدروجين دور مهم في انتاج الغذاء والطاقة والماء التي هي من الأساسيات الضرورية للحياة . بدأت فكرة استخدامه كمصدر ثاني للطاقة منذ بداية القرن العشرين وذلك بعد انتاجه بتحليل الماء الى عنصري الأكسيجين والهيدروجين . وتعتبر طريقة التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية من انسب واسهل الطرق المستخدمة حاليا . وتستخدم تقنيات اخرى لانتاج الهيدروجين سيتم التحدث عنها لاحقا .

طرق انتاج الهيدروجين

يعتبر الهيدروجين مصدرا مغريا لطاقة نظيفة . واغلب الهيدروجين المستخدم حاليا ينتج من النفط او الغاز الطبيعي بواسطة تهذيب البخار او الاكسدة الجزئية ولكن الهيدروجين المنتج من تفكك الماء يعتبر انقى وافضل من ناحية التلوث البيئي وخاصة عند استخدام مصدر اولي نظيف للطاقة مثل الطاقة الشمسية . ويمكن انتاج الهيدروجين باحدى الطرق التالية :

1 . انتاج الهيدروجين من الوقود الاحفوري

في الوقت الحاضر يتم انتاج الهيدروجين في اغلب الدول المنتجة للهيدروجين من الوقود الاحفوري والماء كمواد خام وباستخدام طاقة مولدة من الوقود الاحفوري ، حيث يتم اختزال الماء الى هيدروجين بواسطة الكربون او اول اكسيد الكربون وتاكسد للمواد الهيدروكربونية جزئيا الى ثاني اكسيد الكربون ويصل انتاج الهيدروجين في العالم يوميا الى 4.5 مليون متر مكعب ، منها 48٪ بواسطة النفط ، 30٪ بواسطة الغاز الطبيعي و10٪ من الفحم . ويمكن انتاج الهيدروجين بواسطة الطرق التالية :

1 . 1 . اعادة تشكيل البخار (او تهذيب البخار) عن طريق وسيط

وهي احدى الطرق المنتشرة الاستخدام منذ عدة عقود من الزمن لانتاج الهيدروجين واكفأ الطرق واكثرها اقتصادا . وتشمل هذه الطريقة تحويل المواد الهيدروكربونية وبخار الماء الى هيدروجين واكاسيد الكربون بالتحفيز . وتستخدم في هذه الطريقة المواد الهيدروكربونية الخفيفة مثل الميثان والنافثا والتي يمكن ان تتبخر دون ان تتفكك الى الكربون . ويكون 50٪ من الهيدروجين المنتج بهذه الطريقة من بخار الماء في حالة استخدام الميثان و64.5٪ في حالة استخدام النافثا . ولاطالة عمر العامل المساعد ، يجب ازالة الكبريت من المواد الهيدروكربونية قبل عملية التهذيب ثم يمرر بخار الماء ويتم التفاعل على عامل مساعد من النيكل بداخل انابيب معدنية يغلب عليها الحديد الصلب . وعادة ماتكون نسبة الغازات الناتجة (بالحجم) من هذا الغاز الصناعي هي 74٪ هيدروجين ، 18٪ اول اكسيد الكربون ، 6٪ ثاني اكسيد الكربون و2٪ ميثان . وبعد الانتهاء من عملية التهذيب يمرر الغاز الناتج في منظومة لانتاج كمية اكبر من الهيدروجين وتحويل اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون .

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

ثم يمرر الغاز الناتج في وحدة تنقية لازالة اول اكسيد الكربون وثاني اكسيد الكربون وبعض الشوائب الاخرى وذلك للوصول الى درجة معينة من نقاوة غاز الهيدروجين التي تصل 97 الى 98٪ .

1 . 2 . انتاج الهيدروجين عن طريق الاكسدة الجزئية

تعتمد هذه الطريقة اساسا على تحويل البخار والاكسجين والمواد الهيدروكربونية الى هيدروجين واكاسيد الكربون . وتتم هذه العملية عند ضغط مرتفع نوعما ، مع / او بدون عامل مساعد معتمدة على المواد الاولية او الوقود المستخدم والطريقة المستخدمة . فمثلا طريقة الاكسدة الجزئية بوجود عامل مساعد تتم عند درجة حرارة 590 درجة مئوية وتستخدم مواد اولية مثل الميثان والنافثا . اما طريقة الاكسدة الجزئية بدون عامل مساعد فتتم عند درجات حرارة مرتفعة نوعما من 1150 – 1315 درجة مئوية وتستخدم فيها مواد هيدروكربونية تتراوح من الميثان الى الزيوت الثقيلة او الفحم . عندما يستخدم الفحم يتم تغويزه (Coal Gasification) ولما كانت نسبة الهيدروجين الى الكربون منخفضة في حالة استخدام المواد الهيدروكربونية الثقيلة نجد ان جزءا كبيرا من الهيدروجين في هذه الطريقة يأتي من بخار الماء وبالتالي الحصول على نسبة كبيرة من اكسيد الكربون في الغاز الناتج . وتصل نسبة الهيدروجين المنتج من الماء 69٪ عند استخدام الزيوت الثقيلة بينما تصل 83٪ في حالة الفحم . وتتشابه هذه الطريقة مع الطريقة السابقة في مراحلها حيث تتم على ثلاث مراحل ايضا وهي : توليد الغاز الصناعي ، تفاعل الماء والغاز وتنقية الغاز . ففي مرحلة توليد الغاز ، تتم اكسدة المواد الهيدروكربونية جزئيا بالاكسجين وتحويل اول اكسيد الكربون عن طريق بخار الماء وينتج بالتالي الهيدروجين . ولما كان من الصعب ازالة النتروجين عن غاز الهيدروجين لانتاج غاز نقي ، لذلك يجب استخدام اكسجين في عملية الاكسدة الجزئية بدلا عن الهواء الجوي . وعادة ما تكون نسبة الغازات الناتجة كالاتي 46٪ هيدروجين ، 46٪ اول اكسيد الكربون ، 6٪ ثاني اكسيد الكربون ، 1٪ ميثان و1٪ نتروجين وارغون . وتتم معالجة الغاز الناتج بنفس الطريقة السابقة في تقويم البخار اي بمرور الغاز الناتج في وحدة تحويل الغاز لانتاج الهيدروجين الى ثاني اكسيد الكربون ثم تنقية غاز الهيدروجين من اي شوائب او غازات .

1 . 3 . انتاج الهيدروجين بتغويز الفحم (Coal Gasification)

يؤكسد الفحم المسحوق جزئيا بواسطة الاكسجين وبخار الماء عند الضغط الجوي ويتكون الغاز الصناعي الناتج من النسب التالية : 29٪ هيدروجين ، 60٪ اول اكسيد الكربون ، 10٪ ثاني اكسيد الكربون ، 1٪ ارجون ونيتروجين . تبرد هذه الغازات وتمرر في وحدة تحويل الغاز لتحويل

اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون وايضا زيادة كمية الهيدروجين وبعدها ينقى غاز الهيدروجين من الشوائب وتصل درجة نقاوة غاز الهيدروجين في هذه العملية 97.5٪ .

1 . 4 . طريقة تحويل اول اكسيد الكاربون

وفيها يتم تفاعل اول اوكيسد الكربون مع بخار الماء تحت ظروف الضغط الجوي وعند درجات حرارة تتراوح من 200 – 250 درجة مئوية في حالة التفاعل المنخفض الحرارة او عند 350 – 500 درجة مئوية في حالة التفاعل المرتفع الحرارة ، حيث يضاف اكسيد الكروم لتحفيز التفاعل . وتكون نسبة غاز الهيدروجين الناتجة من التفاعل مرتفعة مقارنة بالطرق السابقة اذ تبلغ 70 – 90٪ بالحجم . اما بالنسبة لثاني اكسيد الكربون فهي من 10 – 30٪ وذلك حسب التفاعل التالي :

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

2 . انتاج الهيدروجين بتفاعل الحديد مع بخار الماء

وتتلخص هذه الطريقة في تفاعل بخار الماء مع الحديد الساخن 450 درجة مئوية لانتاج غاز غني بالهيدروجين واكاسيد الحديد . عادة ما يتم الحصول على غاز غني بالهيدروجين (هيدروجين واول اكسيد الكربون) باحد الطرق السابقة وخاصة طريقة تغويز الفحم ، حيث بمرور هذا الغاز مع بخار الماء على اكاسيد الحديد ، الناتجة من تفاعل بخار الماء مع الحديد الساخن ، فينتج الهيدروجين وتزداد كميته ويتحول اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون ويختزل اكاسيد الحديد الى حديد ، وتتم العملية على اربع مراحل هي : تغويز الفحم ، اعادة توليد الحديد ، انتاج الهيدروجين وتنقية غاز الهيدروجين حسب التفاعل التالي :

$$2Fe + 3H_2O \rightarrow 3H_2 + Fe_2O_3$$

3 . انتاج الهيدروجين بالتفاعل الكيميائي

يتم انتاج الهيدروجين بتفاعل حامض مع احد المعادن مثل الحديد والمغنيسيوم واللالمنيوم حسب التفاعل التالي :

$$2HCl + Fe \rightarrow FeCl_2 + H_2$$

$$H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

4 . التحليل الكهربائي للماء

تعتبر طريقة التحليل الكهربائي للماء افضل الطرق لانتاج الهيدروجين ومصدر الطاقة المتجددة لذلك فهي لاتعتمد على الوقود الاحفوري كمصدر للطاقة . ومع ان هذه الطريقة ليست منافسة للطرق السابقة اقتصاديا الا ان لها عدة مميزات منها ان غاز الهيدروجين الناتج ذو نقاوة عالية تفوق 99٪ واكثر الطرق كفاءة ومرونة في التشغيل . ولما كان الهيدروجين يرتبط مع الاكسجين في جزيء الماء ارتباطا وثيقا فأنه يتطلب قدرا من الطاقة لفك هذا الارتباط . وفي هذه الطريقة يتم فصل الماء الى عنصريه الهيدروجين والاكسجين عن طريق امرار تيار كهربائي مستمر بين قطبين مغمورين في محلول أيوني موصل للتيار الكهربائي . وتتكون محطة انتاج الهيدروجين من محطة تنقية للماء ، محلل كهربائي ، فاصل للغاز ، محول تيار ، منظم ، مقوم تيار والة ضغط الغازات . اما خلية التحليل الكهربائية فهي تتكون من قطبين مغمورين في محلول ألكتروليتي حامضي او قاعدي (غالبا ما يكون قاعديا) ويفصل القطبين حاجز او غشاء نصف نافذ . وعند توصيلهما بمصدر تيار كهربائي مستمر بفرق جهد 1.48 فولت تقريبا تحت ظروف جوية طبيعية من حرارة وضغط ، يتفكك الماء الى عنصريه الهيدروجين والاكسجين . فيتحرر الهيدروجين عند القطب السالب والاكسجين عند القطب الموجب كما موضح في الشكل (2 . 8) . وبصورة عامة يمكن استخدام هيدروكسيد الصوديوم او هيدروكسيد البوتاسيوم كمحلول أيوني للخلية . ومن مميزات محلول هيدروكسيد البوتاسيوم انه اكثر ايصالية للكهرباء من محلول هيدروكسيد الصوديوم . واقل اذابة لغاز ثاني اكسيد الكربون الذي يسبب تلوثا ويخفض قابلية توصيل المحلول الايوني عما لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

5 . استخدام التحليل الكهربائي لماء البحر

نظرا لانتشار البحار والمحيطات على سطح الكرة الارضية ، ربما يكون من المجدي التفكير في استخدامها لانتاج الهيدروجين ويمكن تقليل كلفة انتاجه ، حيث سيتم الاستغناء عن وحدات التحلية التي تستعمل في محطات انتاج الهيدروجين لتوفير الماء النقي للمحلل الكهربائي . ولكن من عيوب هذا النوع من الخلايا المشاكل المتعلقة بالتآكل والتلوث ومعالجة النواتج مثل الكلور الذي يعتبر ساما . هناك بعض المواد غير ذائبة التي تتكون عند القطب السالب وتعمل على تقصير عمره . لذلك يجب العمل على حل هذه المشكلة قبل الاقدام على استخدام هذه التقنية . وقد اجريت عدة ابحاث

ودراسات في هذا المجال لامكانية استخدام هذه التقنية لانتاج الهيدروجين والعمل على حل هذه المشاكل

6 . انتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية

ان المشاكل التي يعانيها العالم اليوم من جراء استخدام الوقود الاحفوري ، سواء كانت بيئية او محدودية مخزون هذا الوقود ، تحتم انتاج الهيدروجين بوسائل اخرى لاتعتمد على الوقود الاحفوري كمادة خام ولا كمصدر للطاقة لانتاجه . فمصادر الطاقة المتاحة الاخرى هي الطاقة النووية والشمسية (في اي الشكل من اشكالها) والمادة الخام هي الماء ، والتفاعل بشكل عام :

ماء + طاقة ← هيدروجين + أكسجين

ويمكن انتاج الهيدروجين باستعمال الطاقة الشمسية عند استخدام الطرق المباشرة او غير المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية . فمن التقنيات المستخدمة في الطرق المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية هي التحليل الحراري المباشر ، التحليل الكيمياحراري ، التحليل الضوئي ، ويشمل التحليل الضوئي الحيوي ، التحليل الضوئي بالحفز ، التحليل الكهروضوئي والتحليل الضوئي الكيمياحراري . كما توجد طرق اخرى لتحويل الطاقة الشمسية يتم فيها تحويل الاشعاع الشمسي الى كهرباء ومن ثم استخدام الكهرباء الناتجة لتحليل الماء في المحلل الكهربائي . ومن الطرق غير المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية الذي يولد فيها طاقة كهربائية عبر عمليات ميكانيكية هي طاقة الرياح ، تحويل الطاقة الحرارية في المحيطات ، طاقة الامواج والقوى المائية (او المساقط المائية) . يوضح الشكل (2 . 9) الطرق المباشرة وغير المباشرة لتقنيات تحويل الطاقة الشمسية وتقنيات انتاج الهيدروجين . بينما يوضح الجدول (2 . 4) الحالات التي وصلت لها تقنيات تحويل الطاقة الشمسية وتقنيات انتاج الهيدروجين .

ويعتبر الهيدروجين أكثر المصادر ملائمة وتتوفر فيه معظم الصفات المرغوبة في الوقود المراد استخدامه بدلا من النفط كما ان كفاءة تحويله تفوق كفاءة مصادر الوقود الأخرى . فمثلا للهيدروجين ثلاثة أمثال الطاقة التي يحويها نفس الوزن من الجازولين ، كما انه يشتعل عند درجات حرارة أقل بكثير من التي يشتعل فيها الجازولين ، ولما كان وزن الهيدروجين أخف من الهواء ، فان

نواتج احتراقه تصعد بسرعة الى اعلى بينما نواتج احتراق الجازولين تبقى قريبة من السطح ، ويمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة ميكانيكية أو كهربائية أو حرارية . وقد أكدت الدراسات والبحوث بأن الهيدروجين يتميز بكفاءة عالية عند استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي . بالاضافة الى ذلك يمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة كهربائية في خلايا الوقود بكفاءة اكثر من معطيات الطاقة الحرارية .

استخدام الهيدروجين

يستخدم الهيدروجين في الأغراض المختلفة المنزلية والصناعية والتجارية ووسائل المواصلات كبديل لمصادر الوقود الأحفوري فمثلا يستخدم في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية وانتاج الأسمدة المخصبة والمواد الألكترونية (بلورات السيلكون) ، كما انه يستخدم كوقود لمعظم المحركات وكذلك مركبات الفضاء .

كذلك يمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة حرارية واستخدامها في التسخين والتبريد في المباني ، كما انه يستخدم في تخزين ونقل الطاقة ، ان الفوائد المستقاة من استخدام الهيدروجين جعلت مردوداته الاقتصادية والبيئية متميزة .

ومن اهم المشاريع القائمة فى العالم لتوليد الهيدروجين على سبيل المثال :

في سنة 1988 تم البدء في تنفيذ مشروع تجريبي بقدرة 10 كيلوواط في مدينة Stottgart بالمانيا الاتحادية . مشروع تجريبي (ألماني - سعودي) بقدرة 350 كيلوواط في المملكة العربية السعودية وذلك لتوليد كمية من الهيدروجين تبلغ 170000 متر مكعب/سنة باستخدام الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة . وكذلك مشروع (Solar - Wasser Stoff - Bayeer) في مدينة (Ncon Vorm) بالمانيا الاتحادية ، وذلك لتوليد الهيدروجين الشمسي (430 KWP) والقدرة الكهربائية الناتجة 210 كيلوواط ، ويتم تخزين الهيدروجين في خزانات مضغوطة (30 بار) (5000 مترمكعب هيدروجين ، 500 متر مكعب أكسيجين) ويستخدم الهيدروجين الناتج على النحو التالي :

- 4 كيلوواط كطاقة حرارية للتدفئة (الاحتراق المحفز Catalytic Combustion)
- 40 كيلوواط كطاقة حرارية لعدد (2) غلاية (Boilres)

- خلية وقود لتحويل الهيدروجين الى كهرباء بقدرة 108 كيلوواط
- محطة وقود سائل للهيدروجين لاستخدامها للسيارات .

وأيضا مشروع توليد الهيدروجين بالمساقط المائية في مدينة Quebec بكندا والقدرة المولدة بالمساقط المائية حوالي 100 ميجاواط ، ويتم توليد الهيدروجين بتحليل الماء الى هيدروجين وأكسجين ويتم بعد ذلك نقله الى أوروبا في سفن على شكل سائل أو مركبات كيميائية .

2. 9 . مصادر طاقة تحت البحث والتطوير

هناك مصادر طاقة اخرى في طور البحث والتطوير استخدمت في تطبيقات مختبرية وعملية محدودة ومن اهمها :

2 . 9 . 1 . الطاقة الموجية

تكمن الطاقة في حركة الامواج الناتجة من تأثير حركة الرياح على سطح البحار والمحيطات . وتعتبر الطاقة الموجية من الاستعمال غير المباشر للطاقة الشمسية المسببة الاساسية في حركة الرياح . وتعتبر الطاقة الموجية من مصادر الطاقة النظيفة الخالية من المضار الجانبية . وتعتمد الطاقة الموجية على حجم تردد الموجات المائية . ولا يمكن جمع الطاقة الموجية من الناحية العملية لاسباب عديدة منها تذبذب الترددات الموجية واختلاف ارتفاعاتها وسرعها وتغير اتجاهاتها . وبالرغم من كل الصعاب والمشاكل لازالت الدراسات والبحوث جارية في بلدان عديدة من العالم خاصة تلك التي تتمتع بشواطئ طويلة . وقد بنيت محطات مختبرية لتوليد الطاقة الكهربائية . واذا ماتم الوصول الى نتائج مشجعة فأن الطاقة المتولدة سوف تساهم في تلبية حاجة الطاقة للمجمعات السكانية المتواجدة على الشواطئ . وتعتبر المملكة المتحدة من الدول الرائدة في مجال البحث لاستغلال الطاقة الموجية في العالم .

2 . 9 . 2 . طاقة المد والجزر

يعتمد هذا المصدر في عمله على تأثير فرق قوة الجاذبية بين الارض والقمر التي تحدث عند مصب الانهار والبحيرات . ويحدث في هذه العملية ارتفاع المياه عند مصب الانهار والبحيرات مرتين في اليوم بحدود متر او اقل بقليل وفي بعض المناطق يمكن ان تكون اكثر بقليل . وتجمع المياه عندما

يرتفع منسوبها الى الحدود القصوى في حالة المد في خزانات يستفاد من قوة تصريفها لتشغيل محركات توربينية لتوليد الطاقة الكهربائية عندما تحدث حالة الجزر . ويمكن توليد الطاقة من استغلال ارتفاع الماء وبناء الخزانات والسدود في مواقع جغرافية ملائمة . وعند ذلك يمكن تركيب محطات توليد الطاقة الكهربائية . اقيمت محطات توليد في كل من (Bay of Fundy) في شمال الولايات المتحدة الامريكية والبحر الابيض في الاتحاد السوفيتي سابقا و (Mont Saint Michel) في فرنسا . ويكون توليد الطاقة بهذه الطريقة على مستوى موقعي محدود . وبنيت في عام 1965 اول محطة توليد كهرباء على مستوى تجاري بطاقة قدرها 240 ميكاواط في بداية مصب نهر (La Rance) في فرنسا . ويتراوح معدل ارتفاع المد 8.4 متر وبني السد على مصب النهر ليغطي مساحة قدرها 22 كيلومترا مربعا . وهناك بحوث جارية في هذا المجال في جامعة البصرة لاستغلال طاقة المد والجزر التي تحصل في مياه شط العرب جنوب العراق .

2 . 9 . 3 . طاقة المحيطات

هناك محاولات عديدة لاستغلال الطاقة الحرارية لمياه المحيطات (Ocean Thermal Energy Conversion) ، والمعروفة باختصار (OTEC) ، في تطبيقات الطاقة المباشرة وغير المباشرة . وتتولد هذه الطاقة من استغلال فرق درجات الحرارة بين درجات حرارة الماء البارد في اعماق مياه المحيط ودرجات حرارة الماء الدافئة على السطح . واستعملت منظومة الدائرة المغلقة للاستفادة من الحرارة الداخلة والحرارة المنبعثة لتشغيل محرك رانكن الذي يستعمل محلول امونيا او اي محلول عضوي كسائل ناقل للحرارة داخل المنظومة . اما في منظومة الدائرة المفتوحة يستعمل الماء كسائل ناقل للحرارة ويستفاد منها في هذه الحالة مباشرة في عملية تسخين الماء في منظومة التحلية . ولازالت الابحاث جارية لحد الان لتحقيق نتائج مرضية .

2 . 9 . 4 . طاقة الانسان

تجري حاليا ابحاث في مجال استغلال طاقة الانسان عن طريق استعمال اليد والقدم . ويعتبر حاليا من السابق لاوانه الحديث عنها كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة . وجرت محاولات عديدة لاستغلال هذه الطاقة في مجال توليد الكهرباء وتحلية المياه على مستوى فردي في كل من كندا والمانيا الاتحادية والهند والصين . ولم يتحقق تقدم ملحوظ وانتشار لهذه التطبيقات .

2 . 9 . 5 . الطاقة المسترجعة

اخذت مجالات الطاقة المسترجعة بالتطور والانتشار على مستوى تجاري محدود جدا في الوقت الحاضر . وتزامن استغلال هذه الطاقة كاحد الحلول المقترحة للتغلب على المخلفات الحارة والساخنة التي تتسرب الى الجو والارض والمياه . ان هذه الطاقة خصوصية معتمدة على توفر نوع المصدر وتطبيقه . وتعتبر الطاقة المسترجعة من المعامل والمصانع والحرارة من اجهزة التكييف وتوليد البخار والغازات ...الخ امثلة لانواع مصادر هذه الطاقة . كانت ولا تزال بعض مصادر انواع هذه الطاقة تطلق في الجو او تتسرب الى المياه للتخلص منها تاركة اثار بيئية خطورة . والان تستعمل هذه الطاقة غالبا في عمليات التدفئة وتسخين المياه في المجمعات السكانية القريبة من مصادر هذه الطاقة . ويعتبر استغلال الطاقة المسترجعة ذا مردودات اقتصادية وبيئية مشجعة . ومن امثلة تطبيقات هذه الطاقة في عمليات التدفئة وتسخين المياه للاغراض المنزلية والخدمية في كل من المانيا الاتحادية وكندا واليابان .

2 . 9 . 6 . مصادر طاقة متفرقة

ولابد من الاشارة الى مصادر طاقة متفرقة لازالت في طور البحث والتطوير ويعول على استخدامها في حالة حصول تقدم تقني ذي مردودات اقتصادية وبيئية مشجعة لتطبيقاتها العملية على مستوى تجاري . ومن امثلة هذه المصادر طاقة التفاعلات الكيميائية ، طاقة الاندماج النووي ، طاقة البلازما والصخر الزيتي .

2 . 10 . واقع ومستقبل الطاقة الجديدة والمتجددة

فيما تقدم تم عرض مجالات استخدام الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة بصورة عامة في جميع انحاء العالم ، ويمكن تبويب هذه الاستخدامات بالنسبة لدول العالم بالاتجاهات التالية :

– الدول الفقيرة فان الاستخدامات جاءت نتيجة ضرورات حياتية ملحة بالدرجة الاولى .

– اما الدول النامية ، فقد جاءت هذه الاستخدامات نتيجة الاولويات الضرورية لمواجهة زيادة الطلب على الطاقة . وفي جانب اخر جاءت في مجال التطبيقات البحثية ذات المردودات الاقتصادية الآنية والمستقبلية . وقد تبين مما تقدم عدم وجود تخطيط وتنسيق اقليمي بين الدول المتجاورة في هذا المجال .

- اما في الدول المتقدمة ، فقد تم اولا : دراسة متطلبات الطاقة في الوقت الحاضر ، ثانيا : دراسة متطلبات الطاقة المستقبلية ، ثالثا : دراسة المردودات الاقتصادية والبيئية السليمة القريبة والبعيدة المدى ورابعا : وضع الخطط العملية لمراحل التنفيذ المطلوبة .

ومن هنا نستخلص ضرورة دراسة وتحديد الاولويات نتيجة لحجم الحاجة الفعلية الحالية للطاقة والتخطيط لاحلال مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة الملائمة والمتوفرة ، والعمل على التطبيق المباشر للطرق والوسائل والمعدات الجاهزة والمستعملة بنجاح تام في هذا المجال . ويجب ايضا الاخذ بعين الاعتبار الحاجة المستقبلية للطاقة والتخطيط لسدها باحلال الانواع المتوفرة والملائمة تقنيا من مصادر الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية في كل المجالات الممكنة مستقبلا .

جدول (2 . 1) المزارع الريحية الموجودة في مواقع مختلفة

المروحة	الموقع	القطر (متر)	القدرة (كيلوواط)	عدد المراوح
Bouma	Holland (Herbayun)	24	250	12
Carater 250	U.S.A (Tehachap pass)	20.6	250	13
Carater 300	U.S.A (San Georgonia pass)	20.6	300	25
ESI 80	U.S.A (San Georgonia pass)	24	250	36
FAEYELTE	U.S.A (Altamont pass)	22	400	32
FLOWIND 19	U.S.A (Altamont pass)	19	250	20
FLOWIND 19	U.S.A (Tehachap pass)	19	250	180
FLOWIND 25	U.S.A (Tehachap pass)	25	381	2
HM WIND MASTER	Hungary(Zabrugge Harbour)	22.5	200	23
HM2 Wind	U.S.A (Altamont pass)	22.5	200	139
HM2 Wind	HolLand (Ijsselmeer Dyke)	25	300	25
Holec/polenko	HolLand (Sexbierum)	22	330	18
Howden.HWP310	U.S.A(Altamont pass)	33	330	75
Mitsubishi	U.S.A(Hawaii)	25	250	37
Newinco	HolLand (North Brabant)	23.1	250	16
Vwat power	U.S.A(San Georgonion pass)	19	200	26
Wenco	U.S.A(San Georgonion pass)	25	200	14
Westinghouse	U.S.A(Hawaii)	40	600	14
Wind Energy Group	U.S.A(Altamont pass)	25	250	20
Vestas	Denmark (Velling Maersk)	25	225	29
Nordtonk	Denmark (Norrekeat Enge)	25	300	42
Vestas/DWT	Denmark (Syltholm)	25	400	25

جدول (2 . 2) طاقة الرياح المركبة في دول مختلفة والقدرة المستهدفة في المستقبل

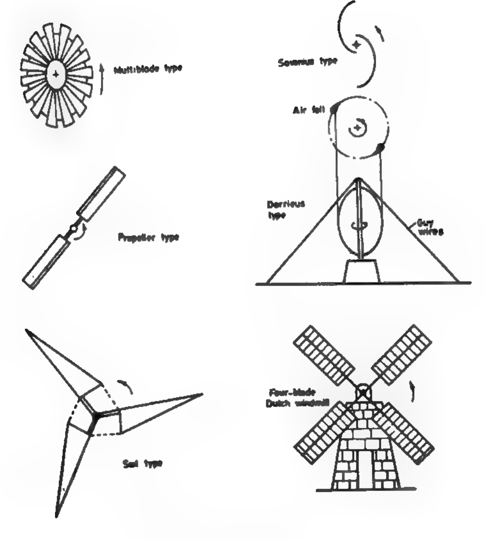
الدولة	القدرة المركبة حاليا (ميكاواط)	القدرة المستهدفة (ميكاواط)
الصين	8	100 – 200 لسنة 2004
الدنمارك	250	1500 لسنة 2000
المانيا	2	100 لسنة 2000
اليونان	–	300 لسنة 2000
الهند	6	250 – 300 لسنة 2000
ايطاليا	–	250 – 300 لسنة 2000
هولندا	25	1000 لسنة 2000
اسبانيا	–	100 لسنة 2000

جدول (2 . 3) المواد الاولية المستعملة لانتاج الغاز الحيوي

الطاقة الممكن الحصول عليها من الغاز كيلوجول/م³	تركيبة الغاز النسبة (%) CO_2	تركيبة الغاز النسبة (%) CH_4	نوع الفضلات	المردود من الغاز لتر/كلغ من المواد الجافة
			فضلات حيوانات	
23	33	58	أبقار	280-120
			خيل	280-160
28	30	70	دجاج	420-210
70			أغنام	210-70
			فضلات خضروات	
			اعشاب خضراء	
			خضر (بطاطس	940-250
			لفت، جزر	350-260
17.5			محاصيل زراعية	
			تبن، قمح، شمير	300-170
			تبن (ذرة)	440-320
			تبن (أرز)	260-160
			أوراق جافة	290-210
			فضلات بشرية	
24			الحمأة الناتجة من معالجة مياه المجاري	480-230
17-15			القمامة	462

جدول (2 . 4) الحالات التي وصلت لها تقنيات تحويل الطاقة الشمسية وتقنيات انتاج الهيدروجين

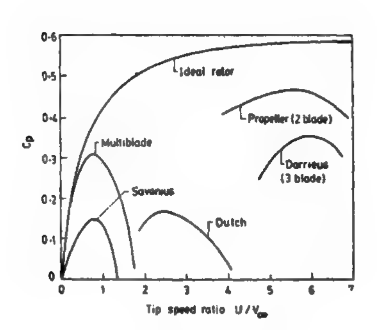
التقنيـة	بحث	تطوير	تجريب	تجاري
تحليل ضوئي حيوي	←			
تحليل ضوئي بالحفز	←			
تحليل كهروضوئي	←			
تحليل كهروحراري	—	—	—	←
تحليل ايوني حراري	—	←		
التحليل الحراري المباشر	←			
تحليل كيموحراري	←			
استخدام انظمة مختلطة (تحليل كيموحراري)	←			
تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات	—	←		
انظمة طاقة الامواج	←			
الخلايا الشمسية:				
ـ دون استخدام مركزات	—	—	←	
ـ باستخدام مركزات	—	←		
المولدات الحرارية الشمسية	—	←		
انظمة محولات طاقة الرياح	—	—	—	←
القوى المائية	—	—	—	←
التحليل الكهربي للماء	—	—	—	←



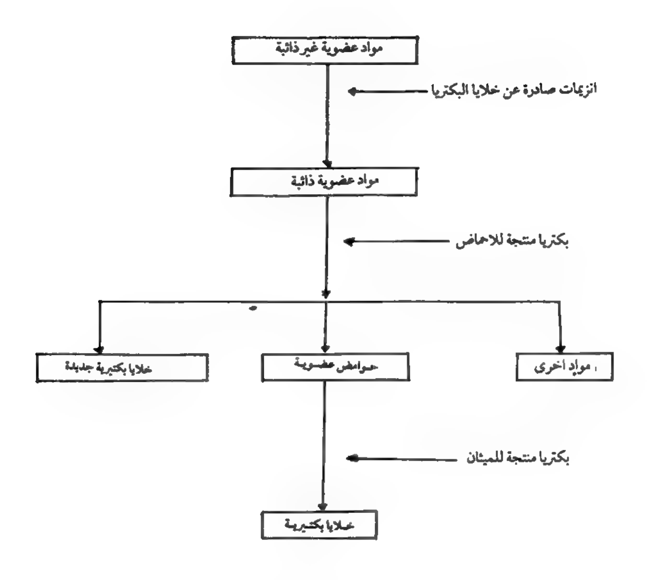
شكل (1.2) بعض انواع المراوح



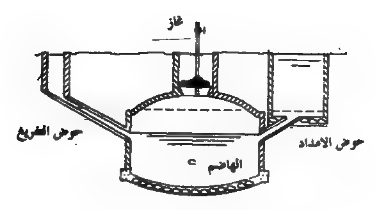
شكل (2 . 2) مروحة عملاقة



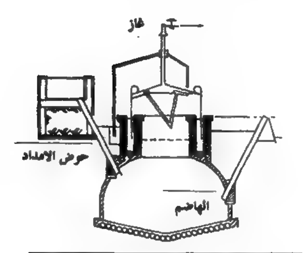
شكل (2 . 3) كفاءة الإداء لبعض انواع المراوح



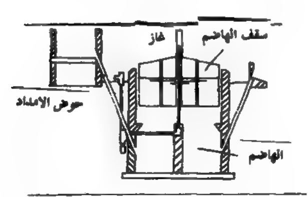
شكل (4 . 2) مراحل عملية الهضم



هاضم كروي من النوع الصيني ذو غطاء ثابت

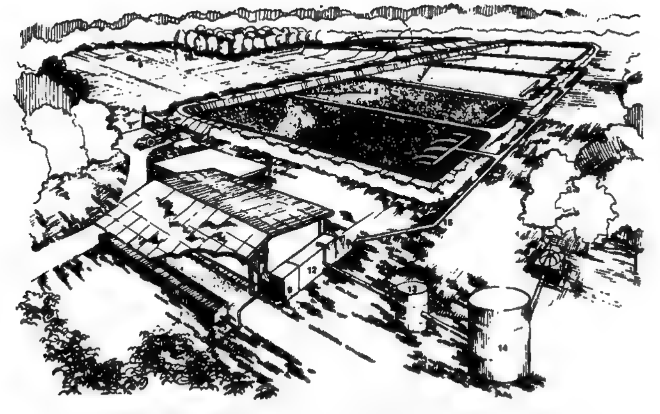


هاضم من النوع " GOBAR " ذو غطاء ثابت



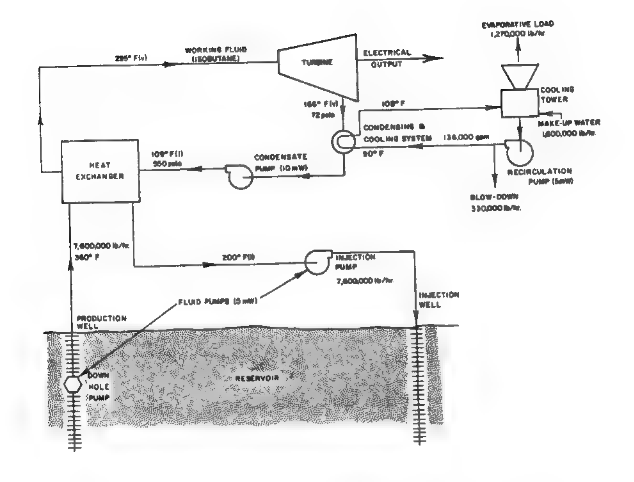
هاضم من النوع " GOBAR " ذو غطاء متحرك

شكل (2 . 5) بعض نماذج الاوعية المستعملة

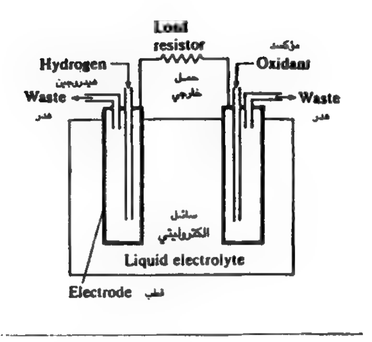


1-3: lagoons, skimmer, and harvesting canal
4-6: washer, conveyor, and washwater basin
7-10: feedlot with solar collector, air duct, heat storage, and drying tunnel
11: waste pit
12-15: fermentation unit, gas scrubber, methane storage, and electric generator
16: sludge to lagoons via heat exchanger in waste pit
17: aquaculture system
18: land application

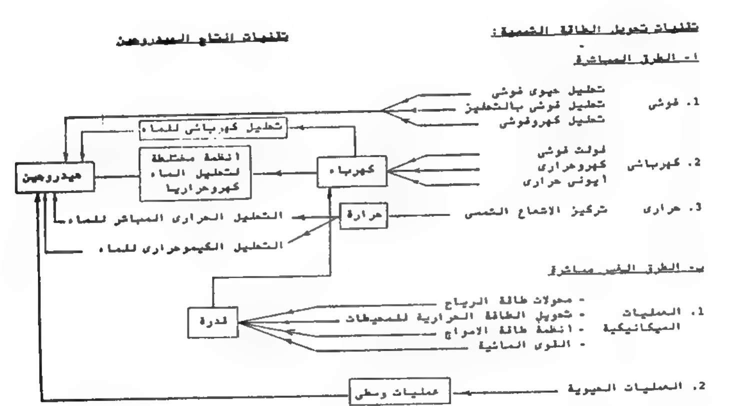
شكل (2 . 6) مشروع متكامل لتوليد الغاز الحيوي



شكل (2 . 7) محطة توليد الطاقة الكهربائية بأستخدام حرارة المياه الجوفية



شكل (2 . 8) رسم تخطيطي لخلية وقود نموذجية



شكل (2 . 9) الطرق المباشرة وغير المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية لانتاج الهيدروجين

3 . 1 . أنواع المباني

يلاحظ من دراسة الخارطة الجغرافية للوطن العربي بكثرة تمركز السكان على شواطىء البحيرات والانهار والبحار والمحيطات ووسط السهول والوديان بسبب توفر المياه وخصوبة الارض وقربها من وسائل النقل وتوفر الخدمات التي ساعدت على تجمع السكان وتكوين المدن الكبيرة والعواصم . ويقل تمركز السكان في حافات الجبال والهضاب وبجوار الينابيع والواحات وعلى مشارف الصحراء والبوادي حيث يفرض الطابع الجغرافي نفسه على السكان ويحدد طريقة الحياة وانواع الزراعة وتربية المواشي والاعمال الاخرى .

وعند دراسة نوع المباني يمكن تحديد إسلوب البناء الافقي المنتشر السائد في المباني السكنية التقليدية ، واسلوب البناء العمودي المختصر لتوفير السكن والخدمات المختلفة داخل مراكز المدن الكبيرة والعواصم . ولو أجرينا مسحا شاملا على انواع المباني المنفذة قديما وحديثا التي تستعمل لاغراض السكن والخدمات العامة نستنتج الانواع التالية :

3 . 1 . 1 . المباني السكنية التراثية

يتمتع الوطن العربي بمباني سكنية ذات طابع معماري تراثي يمثل لمحات من تاريخ المنطقة المتواجدة فيها ، ويعبر عن اساليب البناء وطرق المعيشة وعن ثقافة سكان المنطقة ومدى تفاعلهم مع تجربيات تطور المجتمع . ويتجاوز تاريخ إنشاء هذه المباني مئات السنين ، كما في الشكل (3 . 1) . ومنها مثلا المنازل في تونس واليمن وليبيا والعراق ومصر .

3 . 1 . 2 . المباني السكنية القديمة

تتوزع في ارجاء مختلفة على الخارطة العربية طرق السكن التقليدية القديمة لعامة سكان المنطقة الواحدة . وتمتاز كل منطقة بطريقتها التقليدية لتشييد الدور السكنية لها ويعبر عن ثقافتها وموقعها

الجغرافي . ويمكن التعرف على هذه الدور من اول وهلة عند النظر اليها كما في الشكل (3 . 2) . ويكثر استعمال البيت العربي (الحوش العربي) المفتوح من الوسط الى الجو الخارجي لتأمين الاضاءة والتهوية والتعرض لاشعة الشمس المباشرة ولابقاء الاتصال بين الساكنين والطبيعة . ويمثل البيت العربي في ليبيا والعراق ومصر شواهد حية على ذلك .

3 . 1 . 3 . المباني السكنية الحديثة

شهد النصف الثاني من القرن الحالي تقدما في بناء الدور السكنية لاغلب الطبقات الفقيرة والمتوسطة من المجتمع . وجاء هذا التوسع بناءا على الحاجة الملحة التي فرضتها مراحل تطور المجتمع في جميع المجالات . وشاركت الحكومات من جانبها في اقامة مشاريع سكنية او مساهمة الافراد في تشييد الدور (ومساكن ومنازل) بصورة خاصة . وغلب الطابع المغلق على التصاميم الحديثة واستعملت بعض عناصر التصميم المعماري في ابراز الجانب الجمالي وتوفير الراحة عن طريق استعمال تقنيات التكييف الاصطناعية ، كما في الشكل (3 . 3) . ولم يبرز طابع معماري مميز لهذه الدور والمباني ولاتعبر هذه التصاميم عن واقع المنطقة الجغرافي ولاتعكس لمحات من واقع التراث الشعبي المحلي وطريقة المعيشة . وعند النظر الى الدور المنفذة بصورة منفردة تجد لكل دار تصميما خاصا به يختلف كليا عن تصاميم الدور المجاورة والمقابلة له .

3 . 1 . 4 . المباني السكنية الحديثة (الفخمة)

وتشمل المنازل الفخمة التي تحتوي على اكثر من طابق وعلى غرف وصالات وفضاءات واسعة استعملت فيها التصاميم المعمارية والجمالية التي توفر للساكنين الراحة والمتعة والهدوء التام ، كما في الشكل (3 . 4) . وانشأت هذه المنازل على ارض واسعة تحيط بها الحدائق من اغلب جهاتها وتوجد فيها غالبا حديقة امامية واسعة . وتدل هذه المنازل على حالة الترف المادي للساكنين فيها . ولايمكن تشخيص طابع معماري مميز لمثل هذه المنازل . وهناك عوامل عديدة تدخل في اختيار التصميم المعماري منها توفر مساحة الارض والامكانيات المادية والرغبة الشخصية والانحدار العائلي .

3 . 1 . 5 . المباني السكنية ذات (2 – 4) شقة

وتشمل المباني السكنية ذات 2 – 4 شقة متلاصقة ومتجاورة في اغلب التصاميم المنفذة ، كما في الشكل (3 . 5) . ويراد من هذه المباني تجميع السكان في حي سكني متقارب تتوفر فيه كافة الخدمات المطلوبة للجميع بسهولة تامة . وقد شاع استعمال مثل هذه المباني في المجمعات السكنية المقامة قرب المشاريع النفطية والصناعية والزراعية والتعليمية ... الخ . وتتشابه هذه المباني في المظهر الخارجي والمواصفات العامة وتضفي طابعا معماريا مميزا لكل مجمع سكني . وتتوفر في هذه المباني امتيازات عديدة من اهمها شعور الساكنين باستقلالية السكن وفي نفس الوقت الشعور بوجود جيران وتوفر الخدمات عن قرب .

3 . 1 . 6 . العمارات السكنية والخدمية المختلفة (أكثر من ثلاث طوابق)

تتوزع مثل هذه العمارات بشكل مكثف داخل مراكز المدن الكبيرة المزدحمة بالسكان لتوفير السكن الملائم والخدمات بأجور مقبولة ، كما في الشكل (3 . 6) . وتستعمل هذه العمارات أيضا كفنادق وعيادات ودوائر حكومية ومكاتب شركات واشخاص . ولا توجد مشاكل في تحديد او اختيار المساحات المطلوبة لانشاء مثل هذه العمارات في مراكز المدن مستقبلا ويتم ذلك عن طريق هدم المباني القديمة او عن طريق التوسع الافقي خارج مراكز المدن عند انشاء احياء جديدة ضمن التخطيط الاساسي المقترح .

3 . 1 . 7 . مباني متنوعة

لابد من الاشارة الى وجود مباني متنوعة اخرى تقدم خدمات مختلفة الى المجتمع ومنها على سبيل المثال مباني المستشفيات والمدارس والدوائر الحكومية ودور الضيافة والمشاريع السياحية والمباني الادارية للمعامل والمصانع ومباني الخدمات والورش الصغيرة والكبيرة ، كما في الشكل (3 . 7) . ولاتتشابه هذه المباني مع بعضها في المظهر الخارجي ولاتتشابه في مواد وطريقة البناء المستعملة . وتتوزع هذه المباني عادة بين المباني المتواجدة داخل المدن او مستقلة خارج المدن الصغيرة والكبيرة .

3 . 2 . تعامل الانسان مع المباني

لقد تبين من دراسة التاريخ ، ان شعوب الحضارات القديمة قد بنوا مساكنهم بكفاءة تامة . بما يتناسب مع الظروف البيئية المحيطة بهم ، وذلك نتيجة وعي كامل باحوال المناخ وتاثيراته . وتوصلت الشعوب الى الاسس العملية المطلوب توفرها عند بناء المباني لتوفير السكن المريح دون الاعتماد على الطاقة . وتبين ان طراز المباني له علاقة مباشرة بالموقع الجغرافي والاحوال الجوية . فنشاهد ان تخطيط المدن يختلف من موقع الى اخر . فالمباني الواقعة في المناطق الحارة مثلا تكون متجمعة مع بعضها البعض لكي تقلل من المساحات المعرضة للشمس وتاخذ تصاميم واشكالا والوانا تتناسب مع الظروف الجوية ، بينما في المناطق الباردة تكون هناك مسافات بين المباني لكي تجمع حرارة الشمس في فصل الشتاء وتوفر الظل في فصل الصيف ، بالاضافه لما ذكر هناك خبرة واسعة لخواص مواد البناء المتوفرة محليا واستعمال الطرق التصميمية والانشائية الملائمة . وكان لتوظيف مفردات التصميم الداخلي للمباني واستعمال الاثاث وطرق المعيشة دور فعال في تكييف المباني مع اعتبار عناصر المناخ صيفا وشتاءا سواءا كان ذلك في المناطق الحارة او الباردة لتوفير الراحة للساكنين .

ان وظيفة توفير السكن الملائم هي الايواء والحماية من الاحوال الجوية وتامين الراحة في ظل درجات حرارة ورطوبة معتدلة تساعد في استمرار معيشة الانسان فيها . ولما كان الاحوال الجوية تختلف اختلافا كبيرا خلال ايام السنة وبين مناطق العالم المختلفة ، فمن الضروري اعتماد السبل التي توفر الراحة عن طريق التطبيق الامثل لعناصر التصميم المعماري ، مثل الشكل العام ، توجيه المبنى ، اختيار مواد البناء ، طريقة التصميم ، الموقع الجغرافي ، الزراعة ومصدات الرياح ... الخ . ولذلك فليس من المستغرب ان تختلف انواع وخواص المباني باختلاف المناطق في العالم ، حيث نجد ان لشكل ونوع المواد المستعملة في تنفيذ التصاميم الخارجية والداخلية للمباني تاثيرا مباشرا على توفير الراحة للساكنين وتقليل الاعتماد على الطاقة المستعملة في تكييف المباني . ان التطور التقني الذي شهدته اجهزة التكييف المختلفة المستعملة في المباني ، ادى الى التخلي عن استعمال نظرية " العمل مع الطبيعة " وتطبيقاتها الواسعة . ان استعمال عناصر التصميم المعماري والتكييف البيئي والعوامل الاخرى المساعدة في المباني سوف توفر الراحة للساكنين وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية المصروفة في تشغيل اجهزة التكييف المختلفة المستعملة في هذا المجال وبالتالي تقليل من التكاليف المصروفة على الطاقة واجهزتها والتقليل من مسببات تلوث البيئة . ان مايصرف من مبالغ على توفير الراحة للساكنين بالطرق المعمارية والبيئية قليل

جدا بالنسبة للمبالغ التي تصرف على شراء اجهزة التكييف وتكاليف تشغيلها وصيانتها ومعالجة المشاكل الصحية الناتجة من جراء استعمالها .

3 . 3 . مواد البناء

ان استعمال مواد البناء يعتمد على طريقة البناء المتبعة في تشييد المباني . ويعتبر الاسمنت المنتج محليا المادة الاكثر استعمالا في عمليات البناء الحديثة . ويتمتع الاسمنت المحلي بجودة عالية بالمقارنة بالاسمنت المستورد من الدول المجاورة . ويستعمل الاسمنت المخلوط بالرمل النظيف لعمل المونة التي تستعمل في عمليات بناء الجدران والممرات وتبليط الارضيات ...الخ . ويستعمل الاسمنت والشرشور (او الحصو) والرمل النظيف المخلوط بنسب معروفة لتكوين الخلطة الخرسانية التي تتمتع بقوة صلابة وقابلية انضغاط عالية بسبب المواصفات الجيدة للاسمنت . ويعتبر الطوب (العادي ، الاسفنجي ، الخرساني والمجوف ... الخ .) والحجر والمونة الاسمنتية من المواد الاساسية التي تستعمل في تشييد الاسس والجدران ، كما في الشكل (3 . 8) . وتستعمل الخرسانة في بناء الاسس والهيكل في المباني الحديثة . وللحصول على سطوح خارجية ناعمة تستعمل طبقة اسمنتية . اما السطوح الداخلية فغالبا ما تستعمل طبقة اسمنتية وطبقة من الجير الابيض (البورك او الجص) للحصول على سطوح داخلية ناعمة جدا . ويفضل استعمال مواد البناء المتوفرة محليا لسهولة الحصول عليها ورخص اسعارها وتوفر الايدي العاملة والخبرة الكافية للتعامل معها في تشييد المباني .

وتختلف المواصفات الحرارية لمواد البناء المتعددة مثل الطوب (بانواعه) ، الحجر (بانواعه) ، الخرسانة ، المواد العازلة ، مواد الديكور ... الخ المستعملة في بناء الجدران والسقوف وتشكل عاملا اساسيا في حساب الحمل الحراري للمبنى . وعن طريق استعمال مواد بناء ذات توصيل حراري منخفض يمكن تحقيق ظاهرة العزل الحراري للجدران والسقوف في المبنى وبالتالي تقليل الحمل الحراري في المبنى ، وبذلك يمكن المحافظة على تسرب الحرارة من والى داخل المبنى سواءا كان المبنى مبردا او مدفئا .

ويمكن تقسيم مواد البناء الى مايلي :-

أ - مواد بناء تقليدية

وحسب ما ذكر في اعلاه تعتبر جميع مواد البناء المتوفرة في السوق المحلية مواد بناء تقليدية ، كما في الشكل (3 . 8) . ويعتبر ايضا الحديد في مختلف اشكاله جزءا من مواد البناء . ويوضح

الجدول (4 . 1) المواصفات الفيزيائية لمواد البناء الشائعة الاستعمال من اهمها معامل التوصيل الحراري والسعة الحرارية والكثافة ...الخ .

ب – مواد بناء ذات توصيل حراري منخفض

توجد مواد بناء مختلفة مثل الطوب المجوف او الاسفنجي ومواد الديكور ...الخ التي توجد في وسطها فجوة هوائية او تمتاز بقلة كثافتها او مواد غير موصلة للحرارة لتساعد على عدم انتقال الحرارة خلالها وتـــامين ظـــاهرة العـــزل الحـــراري . ويمكـــن تحقيـــق هـــذه الغايـــة عنـــد استعمال مـــواد البنـــاء التقليديـــة في بنـــاء جـــدران مزدوجـــة بينهمـــا فجـــوة هـــواء بابعـــاد مناســبة خاصـــة عنـــد تشـــييد الجـــدران الخارجيـــة للمبنـــى ، كمـــا في الشـــكل (3 . 9) . ويمكـــن مـــلأ هـــذه الفجـــوة بمـــادة عازلـــة لكـــي تزيـــد قابليـــة الـــجدران على العزل الحـــراري .

ج – مواد بناء عازلة حرارية

هناك مواد بناء عديدة ومواد ديكور مختلفة تمتاز بقابليتها على العزل الحراري . ومـن اشهرها الصوف الزجاجي والخشب والفلين ... الخ . ويمكن استعمال بعض هذه المواد ومـواد الديكـور علـى السطوح الداخلية والخارجية والسقوف والارضيات للمبنى ، كما في الشكل (3 . 10) . وتمتاز المواد العازلة للحـــرارة بارتفـــاع تكاليفهـــا مقارنـــة بمـــواد البنـــاء التقليديـــة ، ولكـــن ينظـــر الى مـــا ستقدمه في مجـــال ترشـــيد اســـتهلاك الطاقـــة عـــن طريـــق تقليـــل اســـتعمال اجهـــزة التكييـــف خـــلال ايـــام الســـنة وبذلـــك ســـتوفر مبـــالغ لابـــأس بهـــا بالاضافـــة الى توفـــير الجو الطبيعـــي داخل المبـــنى .

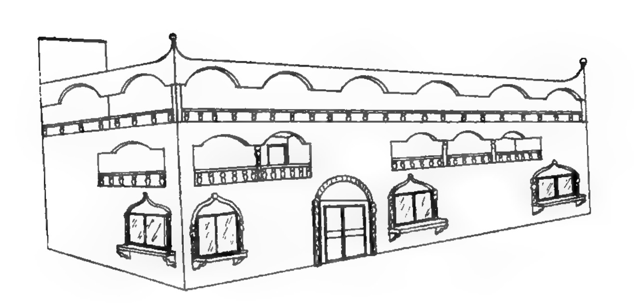
3 . 4 . طرق البناء المستعملة

بالنظر لاتساع مساحة موضوع طرق البناء الشائعة الاستعمال في تشييد المباني في الوقت الحاضر ، فسوف نسلط الضوء على الطرق التقليدية المتبعة في تشييد معظم المباني مستخدمين فيها مواد البناء المتوفرة محليا . ان طريقة البناء المتبعة والشائعة الاستعمال في انشاء المباني الحديثة ، هي بناء هيكل

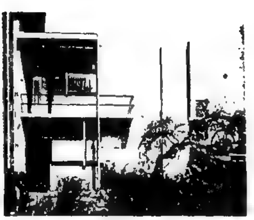
المبنى بالخرسانة المسلحة بالحديد ثم بناء الجدران الخارجية والداخلية بأحد انواع الطوب المتوفرة في السوق المحلية ثم تأتي بعدها المباشرة بالاعمال التكميلية المختلفة . وهذه طريقة مألوفة ومتعارف عليها بين اوساط العاملين في مجال التشييد ومقبولة لدى المهندسين المختصين وعموم المجتمع . وهذه الطريقة تستخدم في تشييد المباني المتكونة من طابق او اكثر . وهناك طريقة بناء تقليدية اخرى تعتمد على تشييد الجدران الحاملة للاثقال ثم صب السقوف بالخرسانة المسلحة وبعدها تجرى الاعمال التكميلية الخارجية والداخلية . وشاع استعمال هذه الطريقة في تشييد المباني المتكونة من طابق او طابقين . ولاننسى وجود طرق اخرى ومنها بناء هيكل حديد يغلف بمقاطع جدران معزولة وجاهزة ومقاطع سقوف جاهزة ايضا . وكذلك طرق البناء الجاهز المختلفة . تعتمد طريقة البناء المستعملة على التصميم المعماري ومواد البناء وموقع المبنى والغاية المنشودة في استعمال المبنى والتكاليف .



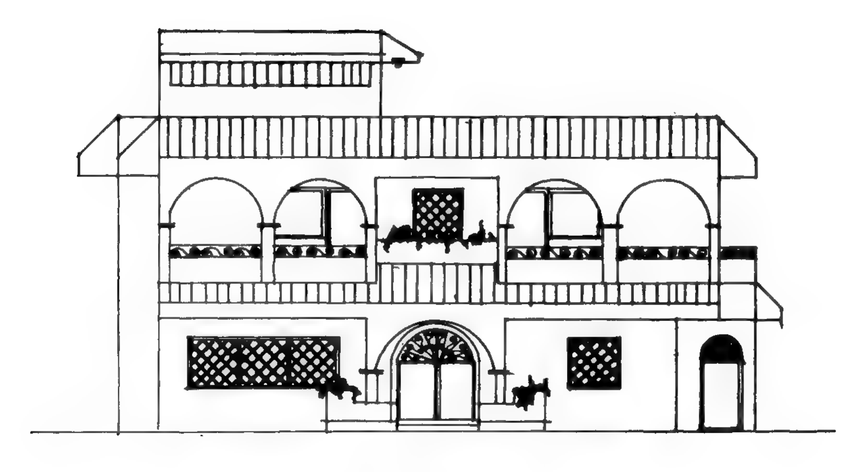
شكل (3 . 1) مبنى تراثي



شكل (3 . 2) مبنى سكني قديم

شكل (3 . 3) مبنى سكني حديث



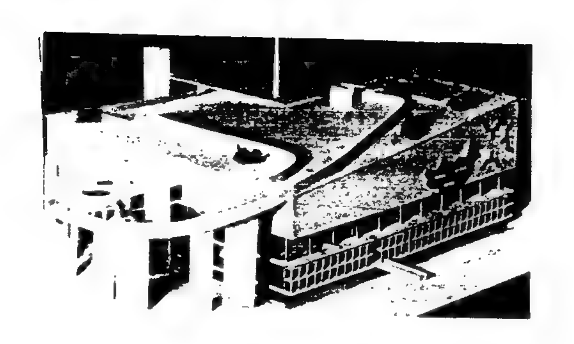
شكل (3 . 4) مبنى سكني فخم



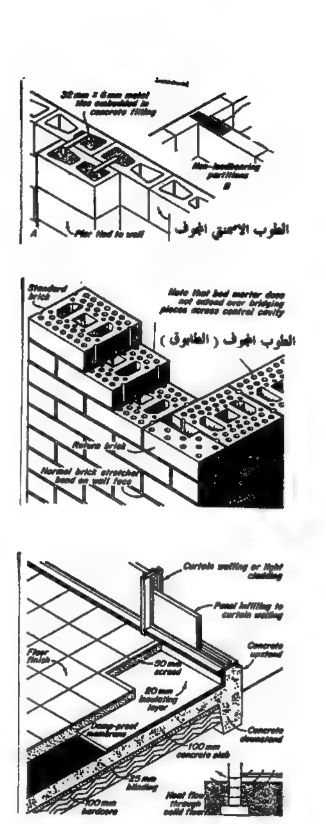
شكل (3 . 5) شقق سكنية



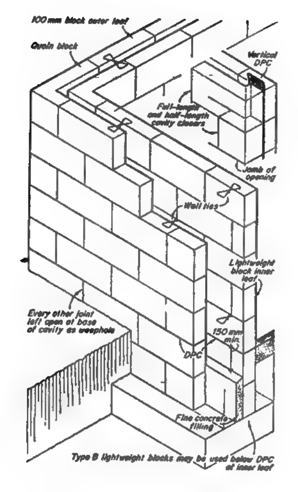
شكل (3 . 6) عمارات عالية



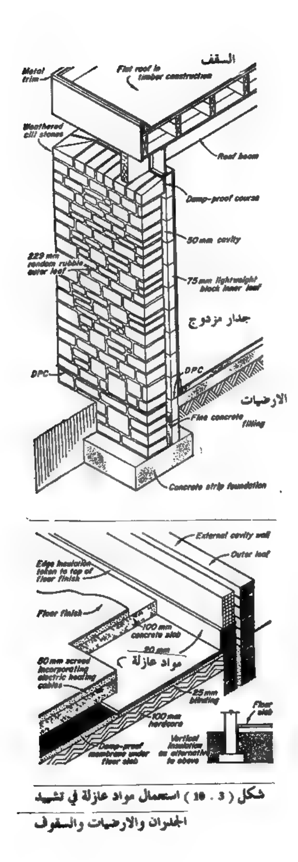
شكل (3 . 7) مباني متنوعة



شكل (3 . 8) استعمال مواد البناء في تشييد الجدران والارضيات والسقوف



شكل (3 . 9) جدار مزدوج



شكل (3 . 10) استعمال مواد عازلة في تشييد الجدران والارضيات والسقوف

الفصل الرابع

احتياجات الطاقة في المباني

4 . 1 . الظروف المناخية وراحة الانسان

ان السيطرة على عوامل المناخ والمحيط من أهم الاساسيات التي تساعد في توفير الراحة للعنصر البشري عند السكن في حيز ما ، وهذه الاساسيات تساهم ايضا في عمليات البحث والتطوير والانتاج الصناعي لتحقيق المستوى المطلوب في الشعور بالراحة عند السكن في المباني . ان الانسان كائن حي وهو عبارة عن آلة طبيعية تعمل بالتحويل الكيميائي للغذاء الذي يتحول الى طاقة حرارية وحركية قادرة على أداء الوظائف ، وتكون درجة حرارة جسم الانسان الاعتيادية (36.9) درجة مئوية ، وعندما يتواجد الانسان في محيط أو حيز داخل مبنى ما يجب أن تتوفر له الشروط الملائمة للعيش حتى يتولد له الشعور بالراحة في حالة السكون أو الحركة لتحقيق مستوى الانتاج المطلوب ، وعند عدم الشعور بالراحة سوف تظهر مشاكل فسيولوجية ومرضية خطورة تعطي مردودات سلبية على سلوك الانسان في محيطه . ويوضح الشكل (4 . 1) بعض العوامل التي تؤثر على راحة الانسان .

ولهذا فقد جرت بحوث ودراسات متنوعة في هذا المجال وكان على راسها الجمعية الامريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف

(The American Society of Heating , Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

المسماة باختصار (ASHRAE) حيث قدمت أبحاثا مكثفة ومركزة ومعمقة في هذا الاختصاص ، وأعدت العلاقات الرياضية والجداول والرسوم البيانية لحساب العلاقات الرئيسية والفرعية لمفردات التصميم والحسابات في هذا المجال المهم ، وأقترحت معايير قياسية توصف العوامل التي تحدد مباشرة العلاقات بين الانسان والمحيط الذي يعيش أو يشتغل فيه في كل أوقات السنة ، ومن أهم هذه العوامل درجة الحرارة الجافة والرطوبة ، ويمكن الاطلاع على حدود درجات الحرارة الجافة والرطوبة النسبية التي يمكن للانسان أن يعيش في ظلها خلال أيام الشتاء والصيف كما في الشكل (4 . 2) ، وتختلف درجة الحرارة الجافة التصميمية صيفا وشتاءا ، ويمكن التركيز هنا على ان درجة الحرارة الجافة التصميمية التي تعطي الشعور بالراحة تكون أقل في حالة التدفئة وأعلى في حالة التبريد . ويمكن معالجة

هذا الفرق بارتداء ملابس شتوية ملائمة في فصل الشتاء . وعند استعمال درجات حرارة حافة في التدفئة أو التبريد أعلى أو اقل من درجات الحرارة التصميمية سوف تؤدي الى عدم الشعور بالراحة وهذا يعني صرف طاقة غير مستفاد منها وتقليل عمر اشتغال الاجهزة المستعملة وزيادة المضار الجانبية .

4 . 2 . انتقال الحرارة

يحصل انتقال الحرارة بين جسمين او حيزين او سطحين عندما تكون درجتا حرارتهما مختلفتين بواسطة احدى طرق انتقال الحرارة بالتوصيل (Conduction) او الحمل الحراري (Covection) او الاشعاع الحراري (Radiation) او باكثر من طريقة في آن واحد .

4 . 2 . 1 . انتقال الحرارة بالتوصيل

يعتبر انتقال الحرارة بواسطة التوصيل (Conduction Heat Transfer) احدى طرق انتقال الحرارة خلال الاجسام الصلبة . ويتم انتقال الحرارة من مكان الى آخر بالتوصيل عن طريق الاتصال المباشر بين جزيئات الوسط دون ازاحتها من مكانها . تعتمد عملية الانتقال الحراري بالتوصيل على فرق درجات الحرارة تحت ظروف الاستقرار الحراري .

ويتم حساب انتقال الحرارة بالتوصيل بالمعادلة التالية :

$$Q = U \times A \times \Delta t \quad .... (1.4)$$

حيث ان

Q الحرارة المنتقلة بالتوصيل (W)

U المكافئ العام لأنتقال الحرارة بالتوصيل خلال مادة ما ($W/m^2\ ^\circ K$) ويعتمد على مواصفات المواد المستعملة في عملية البناء . ويوضح الجدول (4 . 1) قيمة كل مادة

A مساحة المادة المستعملة (m^2)

Δt فرق درجات الحرارة ($^\circ K$) اي باضافة (273) لدرجات الحرارة المئوية

ويمكن حساب المكافئ بالمعادلة التالية :

$$U = 1 / R \quad .... (2.4)$$

R مجموع المقاومات الحرارية للجسم أو الاجسام التي تنتقل فيها الحرارة ويتم تمثيل وحود

الاجسام باتجاه انتقال الحرارة أما على التوالي أو التوازي وتحسب R من مجموع المقاومات اذا كانت على التوالي بالمعادلة التالية :

$$R = R_1+R_2+R_3+R_4+ \ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$

وعندما تكون المقاومة على شكل توازي تحسب بالمعادلة التالية :

$$1/R = 1/R_1+1/R_2+1/R_3+1/R_4+ \ldots\ldots\ldots\ldots (4.4)$$

حيث ان

R_1 مقاومة المادة الاولى (m^2 °K/W)

R_2 مقاومة المادة الثانية (m^2 °K/W)

R_3 مقاومة المادة الثالثة (m^2 °K/W)

R_4 مقاومة المادة الرابعة (m^2 °K/W)

وتحسب قيمة R بالمعادلة التالية :

$$R = L/K \ldots\ldots\ldots\ldots (5.4)$$

حيث ان

L سمك المادة (m)

K معامل التوصيل الحراري للمادة (W/ m^2 °K) كما في الجدول (4 . 2)

توجد معادلات رياضية تعتمد على شكل الجسم أو الأجسام التي يتم انتقال الحرارة فيها

4 . 2 . 2 . انتقال الحرارة بالحمل

يمكن تعريف انتقال الحرارة بالحمل (Convection Heat Transfer) بانه احد طرق انتقال الحرارة في الموائع فقط . تحدث هذه الظاهرة عند انتقال الحرارة من مصدر حراري الى جزيئات مائع ما ملاصق له . حيث تنتقل الحرارة من جزيئات المائع الملاصق للمصدر الحراري الى جزيئات المائع المجاورة لها ، وهكذا يتم انتقال الحرارة من جزئ الى أخر باحدى صور انتقال الحرارة المختلفة . وتكون

عملية الأنتقال اما بصورة مستقرة او بصورة مفاجئة الى بقية أجزاء المائع اذا كان محصور في حيز معين أو الى جزيئات المائع إذا كان المائع في حالة جريان مستمر . ان انتقال الحرارة من المصدر الحراري الى المائع يتسبب في زيادة كثافة وحركة جزيئات المائع وزيادة طاقته ، وينتج عن هذه الحركة تيارات من جزيئات المائع تنتقل بعيداً عن المصدر لتحل محلها جزيئات اخرى اقل منها طاقة . وهكذا تكون حركة هذه التيارات اما بشكل منتظم او مضطرب ، حسب درجة حرارة المصدر الحراري ، فكلما زادت درجة الحرارة زادت سرعة المائع وزادت درجة اضطراب المائع . وغالباً تكون حركة المائع منتظمة في البداية ثم تمر بمرحلة انتقالية تتحول بعدها الى حركة مضطربة .

يصنف انتقال الحرارة بالحمل الحراري تبعا لحركة المائع :

- الحمل الحراري الطبيعي (Natural Convection) او الحر (Free Convection) . وتجري حركة جزيئات المائع عندما تزداد درجة الحرارة وتقل الكثافة فتسبب حركة جزيئات على شكل تيارات طبيعية او حرة في جزيئات المائع بدون مصدر خارجي محرك للمائع .
- الحمل الحراري القسري (Force Convection) ناتج عن تحفيز حركة جزيئات المائع عندما تزداد درجة حرارة المصدر واستعمال مصدر خارجي في تحريك جزيئات المائع . وبهذه الطريقة يتم نقل طاقة حرارية اعلى بكثير من الطاقة الحرارية المنتقلة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي .

ويعتمد معدل انتقال الحرارة على معدل سريان المائع وعلى المساحة السطحية للمصدر وشكله ودرجة حرارته والخواص الفيزياوية للمائع .

ويمكن حساب كمية الحرارة المنتقلة بواسطة الحمل بالمعادلة التالية :

$$Q = h \times A(T_w - T_O) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6 . 4)$$

حيث ان

Q معدل الحرارة المنتقلة (W)

h معامل انتقال الحرارة بالحمل للمائع (W/ m^2 °K)

A مساحة سطح المصدر الحراري (m^2)

T_w درجة حرارة سطح المصدر (°K)

T_O درجة حرارة المائع (°K)

وتستعمل المعادلة التالية ، التي تعتمد على العوامل السابق ذكرها ، لحساب معامل انتقال الحرارة بالحمل للمائع .

$$Nu = f(Gr)^n \times (Pr)^m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7 . 4)$$

$$\frac{HL}{K} = F\left(\frac{L^3\beta\Delta T}{U^2}\right)^N\left(\frac{CP\mu}{K}\right)^M \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8 . 4)$$

حيث ان

Nu (Nusselt Number)

Gr (Grashof Number)

Pr (Prandtl Number)

(f , n , m) دالة تعتمد على درجة الحرارة وشكل المصدر الحراري وسرعة المائع

K معامل التوصيل الحراري للمائع ($W/ m^2\ °K$) كما في الجدول (2 . 4)

L الطول المكافئ (m)

β, Cp, μ, ν الخواص الفيزيائية للمائع كما في الجدول (3 . 4)

4 . 2 . 3 . انتقال الحرارة بالاشعاع

يمكن تعريف الاشعاع الحراري (Radiation Heat Transfer) بانــــه موجـــــات كهرومغناطيسية مماثله لموجات الراديو او الصوت قادرة على الانتقال في جميع الاتجاهات .

يتم انتقال الحرارة بواسطة الاشعاع بين الاجسام عند أختلاف درجات حرارتها . ويعتمد انتقال الحرارة بواسطة الاشعاع على مستوى درجة حرارة سطح الانبعاث (Emitting surface) حيث يكون هو السطح المسيطر بالنسبة لوحدة المساحة . اما بالنسبة للسطح المثالي فتكون قدرة الانبعاث هي :

$$E_b = \sigma \times T^4 \ldots\ldots\ldots \quad (9 . 4)$$

حيث ان

E_b قدرة الانبعاث للسطح المثالي (W/ m^2)

σ معامل ستيفان بولتزمان (Stefen Baltzman) وقيمته (5.669×10^{8} W/ m² °K)

T درجة حرارة السطح الناقل للحرارة (°K)

ويمكن حساب كمية الحرارة المنتقلة عن طريق الاشعاع من جسمين مختلفين في درجات الحرارة بالمعادلة التالية :

$$Q = \sigma \times A_1 \times (T_1^4 - T_2^4) \text{ .... } (10 . 4)$$

حيث ان

Q كمية الحرارة المنتقلة عن طريق الاشعاع (W)

σ معامل ستيفان بولتزمان (Stefen Baltzman) وقيمته (5.669×10^{8} W/ m² °K)

A_1 مساحة السطح المعرض للاشعاع (m²)

T_1 درجة حرارة السطح المشع (°K)

T_2 درجة حرارة السطح المعرض للاشعاع (°K)

بالأضافة الى اعتماد انتقال الحرارة بين الأجسام على أختلاف درجات حرارتها فانها تعتمد ايضا على شكل الأجسام ومواقع بعضها البعض من ناحية التقابل والتجاور او التركيب الداخلي فيما بينها وتوجد معادلات رياضية يمكن بواسطتها حساب الحرارة المنتقلة بين الاجسام ومنها على سبيل المثال انتقال الحرارة بين سطحين متوازيين قصيرين او طويلين وانتقال الحرارة بين سطحي أسطوانتين متداخلتين باقطار مختلفة

4 . 2 . 4 . الجمع بين طرق انتقال الحرارة

ويمكن انتقال الحرارة باكثر من طريقة في آن واحد (Combination of Heat Transfer) . وقد شاع استعمال طريقة التناظر الكهربائي عند تمثيل انتقال الحرارة لحساب الحمل الحراري الكلي في المباني .

4 . 3 . الاحمال الحرارية في المباني

يتشكل الحمل الحراري للمبنى من مجموع جزئين . يشمل الجزء الاول مجموع مكونات مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير العوامل الجوية الخارجية على المبنى . ويشمل الجزء الثاني مجموع مكونات

مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير عوامل ناتجة من داخل المبنى . ويمكن تقسيم هذه الاجزاء الى مفردات فرعية وثانوية . ويتم حساب مصادر الحمل الحراري على اساس الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة وسوف نتطرق اليها بالتفصيل لاحقا . يتطلب عند تكييف حيز معين معادلة حسابات الحمل الحراري المكتسب من داخل وخارج الحيز بحيث يوفر ظرفا داخليا ملائما لمتطلبات الراحة لشاغلي الحيز .

4 . 3 . 1 . مصادر الحرارة المكتسبة من عوامل خارجية تؤثر على المبنى

وتتولد هذه المصادر من تأثير الظروف الجوية المحيطة بالمبنى وتشمل مايلي :

1 . انتقال الحرارة من الاشعاع الشمسي المباشر والمبعثر الذي يدخل عن طريق النوافذ (الشبابيك) الثابتة والمتحركة .

2 . انتقال الحرارة بوا سطة الكسب الانتقالي من حيز هواء الى حيز هواء مجاور عند اختلاف درجات الحرارة .

3 . انتقال الحرارة من الاشعاع الشمسي الساقط على جدران وسقوف المبنى

4 . انتقال الحرارة من المحيط الخارجي الى المحيط الداخلي للمبنى عند اختلاف درجات الحرارة

5 . الحرارة المحسوسة والكامنة المصاحبة لهواء التهوية والهواء المتسرب من والى داخل المبنى .

6 . الحرارة المكتسبة من الاثاث ومواد الزينة (الديكور) داخل المبنى .

4 . 3 . 2 . مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير عوامل ناتجة من داخل المبنى

وتتولد هذه المصادر من الحرارة المنبعثة من الساكنين والاجهزة والاعمال الجارية داخل المبنى وتشمل مايلي:

1 . الحرارة المتولدة من استعمال منظومة الانارة الكهربائية

2 . الحرارة المحسوسة والكامنة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين في المبنى

3 . الحرارة المتولدة من قدرة الآلات والمعدات والاجهزة المستعملة داخل المبنى

4 . الحرارة المنبعثة من جراء سير الاعمال المتفرقة مثل الطبخ والتسخين...الخ .

5 . الحرارة المكتسبة من الاثاث ومواد الزينة (الديكور) داخل المبنى .

4 . 4 . حسابات الاحمال الحرارية في المباني

عند استعمال اي منظومة من منظومات التكييف سواء كانت تدفئة او تبريد يجب حساب مقدار الحمل الحراري للمبنى او الحيز المراد تكييفه . ويتم حساب مقدار الحمل الحراري للمبنى او الحيز من العوامل الخارجية والداخلية المؤثرة على المحيط الداخلي للمبنى او الحيز . ويكون حساب الاحمال الحرارية متشابه في مختلف المباني من حيث تأثير مفردات العوامل الخارجية والداخلية على المحيط الداخلي للمبنى . وهناك عوامل رئيسية تشكل حزءا كبيرا من الحمل الحراري في حين هناك عوامل اخرى غير رئيسية لاتشكل تأثيرا مهما في حسابات الاحمال الحرارية . ويمكن في بعض تصاميم المباني اهمال بعض العوامل سواء كانت خارجية او داخلية معتمدا على مقدار مشاركتها في حساب الأحمال الحرارية ونوع تصميم المبنى وغاية الأستعمال المطلوب . وحسب ما تم التطرق اليه سابقا فان حساب الاحمال الحرارية سوف يساعد على اختيار قدرة المنظومة المطلوبة . وعند اختيار قدرة اي منظومة من منظومات التكييف سواءا كانت تدفئة او تبريد يجب ان تكون حسب احتياج حساب الاحمال الحرارية . وعند اختيار منظومة تكييف ذات قدرة اكبر من الحمل الحراري فان ذلك يسبب هدرا ماديا في تكلفة شراء وتشغيل وصيانة المنظومة بدون الاستفادة من الجهد المتولد من المنظومة بالكامل ، بالاضافة الى المردودات الجانبية الضارة . وعند اختيار منظومة تكييف اقل من الحمل الحراري للمبنى فان ذلك سوف يودي الى تشغيل المنظومة فترات اطول وبالتالي يتم استهلاك المنظومة في فترة قصيرة وعدم توفير الجو الملائم . وفي كلتا الحالتين فان شعور الساكنين بعدم الراحة في المبنى سوف يؤثر تأثيرا مباشرا على العيش ومستوى الانتاج . ولتفادي هذه المشاكل التي قد تحدث مما يجب الأخذ بعين الأعتبار حساب الاحمال الحرارية للمبنى لأختيار منظومة التكييف المناسبة .

4 . 5 . حسابات الاحمال الحرارية نتيجة عوامل خارجية تؤثر على المبنى

فيما يلي سوف نتعرض لكيفية اجراء حسابات الاحمال الحرارية الخارجية التي تؤثر على المحيط الداخلي للمبنى بشيء من التفصيل .

4 . 5 . 1 . اكتساب الحرارة من الاشعاع الشمسي

توجد في اوجه المباني سطوح شفافة تستعمل لأغراض الآنارة والتهوية وتستعمل هذه السطوح أيضاً لتامين المظهر المعماري للمبنى . عند سقوط اشعة الشمس على لوح زجاجي ينعكس جزء منها ويمتص جزء ضئيلا مسببا ارتفاع درجة حرارته في نفس الوقت ينفذ الجزء الاكبر من الاشعاع الشمسي خلال اللوح الزجاجي الى الحيز الداخلي للمبنى ، مما يسبب ارتفاع درجة حرارة الاجسام والسطوح الساقط عليها نتيجة امتصاصها للاشعاع .

ان الحرارة المكتسبة من سقوط الأشعة الشمسية على السطوح الشفافة تعتمد على الخواص الفيزيائية للسطوح الشفافة كما موضح في الجدول (4 . 4) المتمثلة بالعوامل التالية :

(1) τ عامل النفاذية

(2) α عامل الامتصاص

(3) ι عامل الأنعكاسية

ان لهذه العوامل تاثيرا مباشرا على كمية الطاقة الحرارية المكتسبة من الأشعة الشمسية .

وبالنسبة للسطوح الشفافة مثل الزجاج المستعمل في الشبابيك فان الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج (Q_{sg}) للحالة المستقرة تحسب بالمعادلة التالية :

$$Q_{sg} = A \times I\left(\tau + \frac{\alpha \times u}{f_o}\right) \qquad (11.4)$$

حيث ان

Q_{sg} الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج (W)

A مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (m^2)

I الأشعة الشمسية الساقطة على السطح الخارجي (W/m^2)

$\frac{u}{f_o}$ نسبة الطاقة الشمسية المنتقلة الى الداخل بواسطة التوصيل والحمل الى الطاقة الشمسية الساقطة الممتصة

α عامل الامتصاص

f_o معامل انتقال الحرارة الخارجي

وغالبا مايعرف المقدار $I(\tau + \frac{\alpha \times u}{f})$ بالنسبة للزجاج الاعتيادي المفرد الصافي على انه عامل الحرارة الشمسية المكتسب (SHGF) والقيم القصوى لهذا العامل تعتمد على الاتي :

(1) الأتجاهات الجغرافية للموقع

(2) خط العرض بالنسبة للموقع

(3) الأشهر التي تمت فيها الحسابات

ويمكن صياغة معادلة (4 . 11) باستعمال (SHGF)

$$Q_{Sg} = A \times (SHGF) \ldots\ldots\ldots\ldots (4 . 12)$$

حيث ان

Q_{Sg} الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج (W)

A مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (m^2)

SHGF اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه حسب الاتجاه (W/m^2) وتوخذ قيمته من الجدول (4 . 5) عند استعمال المعادلتين (4 . 12) و(4 . 13)

ويتم ادخال معامل التظليل (Sc) لتصحيح القيم (SHGF) للأنواع الأخرى من الزجاج عند الأخذ بعين الأعتبار نوع الستائر الداخلية وتعتمد على الأتي :

(1) نوعية الزجاج

(2) سمك الزجاج

ومن المعروف ان الآشعة الشمسية التي تدخل من خلال الشبابيك تشكل حملاً أنياً مضافاً على منظومة التبريد ولهذا يجب ادخال عامل حمل التبريد (CLF) في الحسابات ويمكن الاستعانة بالجدول (4 . 6) .

ولحساب الحمل الحاصل من تاثير الأشعة الشمسية خلال الشبابيك يوخذ في عين الاعتبار مايلي :

(1) الوقت الشمسي

(2) الاتجاهات

(3) ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر

(4) اختلاف درجة الحرارة الجافة للهواء باختلاف الارتفاع عن مستوى سطح البحر

وعليه تكون المعادلة النهائية لحساب الاشعة الشمسية النافذة داخل الحيز (Q_{sin}) كالآتي :

$$Q_{sin} = A \times SHGF \times Sc \times CLF \quad .... \quad (13 . 4)$$

حيث ان

Q_{sin} الاشعة الشمسية النافذة داخل الحيز (W/m^2)

A مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (m^2)

SHGF اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه حسب الاتجاه (W/m^2) من الجدول (4 . 5)

Sc معامل التظليل في حالة وجود ستائر داخلية وتتوقف على نوعية الستائر المستعملة المذكورة في الجدول (4 . 7)

CLF معامل حمل التبريد من الجدول (4 . 6)

4 . 5 . 2 . انتقال الحرارة من خلال الجدران والسقوف والارضيات

يتم انتقال الحرارة من خلال الجدران والسقوف عندما يكون هناك فرق في درجات الحرارة بين المحيط الداخلي والخارجي للمبنى . فإذا كانت درجة حرارة المحيط الخارجي اعلى من درجة المحيط الداخلي فأن الحرارة تنتقل من المحيط الخارجي الى المحيط الداخلي وتشكل حملاً انياً على الحمل الحراري المطلوب للتدفئة .

وتساهم مقاطع الجدران والسقوف في التقليل من انتقال الحرارة خلالها عند استعمال مواد البناء قليلة التوصيل الحراري فكلما زادت قابلية مواد البناء على عدم الموصلية زادت فعاليتها في تقليل الحمل الحراري الكلي المطلوب للتدفئة او التبريد . ويوضح الشكل (4 . 3) مقطعا في جدار يستعمل مواد البناء .

ويتم حساب المكافئ العام لأنتقال الحرارة يتم استعمال المعادلات (4 . 2 و4 . 3 و4 . 4) ونود الآشارة الى ان معامل انتقال الحرارة بالحمل على السطح الداخلي والخارجي للجدران يمكن حسابه

بالمعادلات (4 . 14 و4 . 15) حيث ان حساب مقاومة الحمل الحراري على السطح الداخلي والخارجي للجدار

$$Ri = \frac{1}{hi} \quad \text{..........} (14 . 4)$$

$$R_o = \frac{1}{h_o} \quad \text{..........} (15 . 4)$$

وتدخل هذه المقاومات في المعادلتين (4 . 3 و4 . 4) وتصبحان على النحو التالي :

$$R = R_i + R1 + R2 + R3 + R4 + \ldots\ldots + R_o \quad \ldots\ldots\ (16.\ 4)$$

$$1/R = 1/R_i + 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + \ldots + 1/R_o \quad \ldots\ldots\ (17.\ 4)$$

حيث ان

R_i مقاومة الحمل الحراري على السطح الداخلي (m^2 °K/W)

R_o مقاومة الحمل الحراري على السطح الخارجي (m^2 °K/W)

h_i معامل الحمل الحراري بالحمل للسطح الداخلي (W/ m^2 °K)

h_o معامل الحمل الحراري بالحمل للسطح الخارجي (W/ m^2 °K)

ويتم حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران والسقوف والارضيات باستعمال المعادلة (4 . 1) .

4 . 6 . حسابات الاحمال الحرارية من عوامل ناتجة من داخل المبنى

وفيما يلي نتعرض لكيفية اجراء حسابات الاحمال الحرارية الداخلية للمبنى بالتفصيل .

4 . 6 . 1 . الحرارة المتولدة من استعمال منظومة الانارة

ان استعمال منظومة الانارة الكهربائية في المباني تولد حرارة (Heat Emission from Electric Lighting) يتم انتقالها من المصابيح الكهربائية الى جزيئات الهواء المجاورة لها ويتم تسخين هذه الجزيئات وانتقال الحرارة الى الجزيئات المجاورة في الهواء الموجود في داخل المبنى . ويعتمد حساب كمية الحرارة المتولدة على نوعية وقدرة المصابيح المستعملة في منظومة الانارة وهي :

أ - منظومة انارة تستعمل مصابيح سلكية حرارية (مصباح ذو خيط تنكستن Tungsten Lamp)

هذه المصابيح مستعملة بصورة شائعة في منظومة الانارة التقليدية في المباني . ويمكن حساب الحرارة المتولدة من منظومة الانارة بالمعادلة التالية :

$$Q_{LN} = \text{No of Lamps} \times \text{Power} \quad ...... \quad (18 . 4)$$

حيث ان

Q_{LN} كمية الحرارة المتولدة من الانارة العادية (W)

No of Lamps عدد المصابيح المستعملة في منظومة الانارة

Power قدرة المصباح (W)

ب - منظومة انارة تستعمل المصابيح الانبوبية الغازية

وعند استعمال المصابيح الانبوبية الغازية (Fluorescent Lamp) يتم ادخال عامل التفحير او الكبح (Pallast Factor) ويحسب بالمعادلة التالية :

$$Q_{LF} = \text{No of Lamps} \times \text{Power} \times p_f \quad ...... \quad (19 . 4)$$

حيث ان

p_f عبارة عن معامل الكبح (Pallast factor) ويؤخذ من الجدول (4 . 8) .

4 . 6 . 2 . الحرارة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين في المبنى

وهي الحرارة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين او الشاغلين للمبنى (Heat Emission per Occupants) وتتكون من مجموع الحرارة الكامنة والحرارة المحسوسة التي ينتجها جسم الانسان نتيجة قيامه ببعض الاعمال وتحدث نتيجة تبخر العرق ووجود بخار الماء في التنفس .

ويتم حساب الحرارة المنتقلة من الاشخاص بالمعادلات التالية :

اولا : الحرارة المحسوسة

$$Q_s = \text{No} \times \text{Sens. H} \times \text{CLF} \quad ...... \quad (20 . 4)$$

ثانيا : الحرارة الكامنة

$$Q_L - No \times Lat.H \quad .... \quad (21 . 4)$$

حيث ان

No عدد الاشخاص الشاغلين للحيز المراد تكييفه

Sens.H الحرارة المحسوسة الناتجة من شاغلي المكان وتنتج هذه الحرارة حسب طبيعة العمل المنجز توخذ قيمته من الجدول (4 . 9)

CLF معامل حمل التبريد توخذ قيمته من الجدول (4 . 7)

Lat.H الحـــــرارة الكامنة الناتجة من عملية التنفس والتعرق المنبعثة من الاشخاص المتواجدين في المبنى توخذ قيمته من الجدول (4 . 9)

ولاستخراج الخــواص الفيزيائيــة للهــواء في الحــيز المكيــف نلجــأ الى المخطــط الســايكوميتري (Psychrometric Chart) كما موضح الشكل (4 . 4) .

4 . 6 . 3 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التسرب

هو الحمل الحراري المنتقل بواسطة تسرب (Infiltration) جزء من الهواء مــن والى داخل الحيز عبر الشقوق والفتحات . ويحدث التسرب بسبب مايلي :

1 . فرق الضغط الناتج عن هبوب الرياح المؤثرة على المبنى

2 . عدم احكام قفل الابواب والنوافذ وبعض الفتحات الاخرى مثل فتحات التهوية الاصطناعية

3 . استعمال المداخل الرئيسية والجانبية لدخول وخروج الساكنين من والى المبنى .

ويوضح الجدول (4 . 10) معدل التسرب من الابواب والنوافذ (الشــبابيك) والفتحـات الاخـرى . ويقل معدل التسرب كلما كان استعمال الابواب والنوافذ من الانواع ذات الاحكـام الجيد وتسـتعمل المطاط في اوجه التماس .

يمكــن تقســيم الاحمــال الحراريــة الناتجــة عــن تســرب الهــواء مــن والى داخــل الحــيز المكيــف نتيجــة الشــقوق والفتحــات واســتعمال المداخــل الرئيســية الى فقــدان حراري محسوس وكامن .

أ – الفقدان الحراري المحسوس (Sensable Heat)

ويتم حسابه بالمعادلة التالية :

$$Q_s = \overset{\circ}{V} \times \rho \times Cp \times (t_i - t_o) \;\; .... (22.4)$$

حيث ان

$\overset{\circ}{V}$ معدل تسرب (تخلخل) الهواء (m^3 / s)

ρ كثافة الهواء ($1.2 \; kg/m^3$)

Cp الحرارة النوعية للهواء عند ثبوت الضغط ($1.017 \; kJ/kg.°K$)

t_i درجة الحرارة الهواء داخل المبنى (°C)

t_o درجة الحرارة الهواء خارج المبنى (°C)

ويمكن حساب معدل تسرب (تخلخل) الهواء $\overset{\circ}{V}$ (m^3 / s) بالمعادلة التالية :

$$\overset{\circ}{V} = 0.172\,A \sqrt{H (t_o - t_i)} \;\; .... (23.4)$$

حيث ان A المساحة التي يحدث بها تسرب الهواء دخولا أو خروجا (m^2)

H الارتفاع بين مكان دخول وخروج الهواء (m)

t_i درجة حرارة الهواء داخل المبنى (°C)

t_o درجة الحرارة الهواء خارج المبنى (°C)

وبتطبيق الثوابت الفيزيائية للهواء (Cp و ρ) نستنتج المعادلة التالية لحساب الفقدان الحراري المحسوس:

$$Q_s = 1.22 \times \overset{\circ}{V} \times (t_i - t_o) \;\; ...... (24.4)$$

ب – الفقدان الحراري الكامن (Latent Heat)

ويتم حسابه بالمعادلة التالية :

$$Q_L = \overset{\circ}{V} \times \rho \times (w_i - w_o) \times h_{fg} \;\; ...... (25.4)$$

حيث ان

$\overset{o}{V}$ معدل تسرب (تخلخل) الهواء (m^3 / s)

ρ كثافة الهواء ($1.2\ kg/m^3$)

w_i المحتوى الرطوبي للهواء الداخل (kg / kg dry air)

w_o المحتوى الرطوبي للهواء الخارج (kg / kg dry air)

h_{fg} الحرارة الكامنة التبخر (2450 kJ / kg)

وعند تعويض الخواص الفيزيائية للهواء (ρ و h_{fg}) في المعادلة (4 . 25) نحصل على المعادلة التالية

$$Q_L = 2940 \times \overset{o}{V} \times (w_i - w_o) \text{ .... } (26 . 4)$$

ويكتفي اعتياديا بحساب الفقدان الحراري الكلي بسبب حمل التسرب بالمعادلة التالية :

$$Q_t = \overset{o}{V} \times \rho \times (h_i - h_o) \text{ ..... } (27 . 4)$$

حيث ان

h_i المحتوى الحراري للهواء الداخلي (Specific Enthalpy kJ/kg)

h_o المحتوى الحراري للهواء الخارجي (Specific Enthalpy kJ/kg)

وتوخذ هذه القيم من الشكل (4 . 4) .

4 . 6 . 4 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التهوية

هو الحمل الحراري الذي ينتقل بواسطة الهـواء الداخل والخارج من والى المبنى عن طريق فتحات التهوية (Ventilation) . ويتم تغيير الهواء الموجود داخل حيز ما عدة مرات في الساعة معتمدا على طبيعة المكان وغاية الاستعمال وعدد الاشخاص المتواجدين . ويوضح الجدول (4 . 11) عدد مرات تغيير الهواء بالنسبة الى نوع المباني وطبيعة الاعمال الجارية . ويمكن حساب السرعة النظرية لتدفق للهواء (m/s) بالمعادلة التالية :

$$v = \sqrt{g . H . (T_i - T_o) / T_o} \text{ ..... } (28 . 4)$$

حيث أن

g ثابت التعجيل الارضي ($9.81\ m/s^2$)

H الارتفاع بين مكان دخول وخروج الهواء (m)

T_i درجة حرارة الهواء الداخلية (°K)

T_o درجة حرارة الهواء الخارجية (°K)

ويمكن الاستعاضة عن استعمال المعادلة (4 . 28) باستعمال الارقام المذكورة في الجدول (4 . 12) .
وتوخذ سرعة تدفق الهواء العملية من 1/2 الى 2/3 سرعة الهواء النظرية المحسوبة بالمعادلة (4 . 28) .
وعند احراء عملية حسابات التهوية يجب مراعاة مواقع فتحات التسرب وانواع منظومات التهوية .
ويمكن حساب معدل تغيير كتلة الهواء (kg/s) حسب المعادلة التالية :

$$\mathring{m} = V \times \rho \times (\text{Air-Change/hr}) \times (1/3600) \quad .... \quad (29 . 4)$$

حيث ان

V حجم الحيز (m^3)

ρ كثافة الهواء (kg/m^3)

Air-Change/hr عدد مرات تغيير الهواء للحيز حسب الجدول (4 . 11) .

ويمكن حساب الحرارة المنتقلة بالتهوية بالمعادلة التالية :

$$Q_V = \mathring{m} \times Cp \times (t_i - t_o) \quad .... (30 . 4)$$

وتتم حسابات التهوية بنفس المعادلات السابقة التي استعملت في حسابات حمل التسرب .

4 . 6 . 5 . الحرارة المتولدة من الاجهزة والمعدات

تتولد الحرارة من حراء اشتغال الاجهزة والمعدات الخدمية والمكتبية المستعملة في المباني .
وتتولد هذه الحرارة من استعمال المولدات الكهربائية الدوارة التي تستهلك طاقة كهربائية ومجموعة

العتلات والدواليب المتحركة وكذلك الاجهـزة الالكترونيـة ومحـولات التيـار المسـتعملة فيهـا . ويعتـبر المحرك الكهربائي المصدر الرئيسي للحرارة في الجهاز . وتعتمد هذه الحرارة علـى تـردد المحـرك وكفائتـه ومكان وجوده سواء في حيز مكيف أوغير مكيـف . تـدار المحركـات بواسـطة الطاقـة الكهربائيـة الـتي تتحول الى طاقة حركية وطاقة حرارية تتسرب الى الهواء المحيط . وعند وجـود المحـرك والآلـة في نفـس الحيز المكيف فيعنى هذا أن الحرارة المتولدة هي مجموع الحرارة المتولدة من المحرك والآلة واذا كان المحرك خارج الحيز المكيف فان الحرارة من الآلـة فقـط تضـاف الى الحيـز المكيـف . ويمكـن حسـاب الحـرارة المتولدة (W) من الاجهزة والمعدات بالمعادلة التالية :

$$Q_{eq} = \Sigma \quad \text{No of Eq} \times \text{Power} \quad .... \quad (31 . 4)$$

حيث ان

No of Eq عدد الاجهزة المستعملة من كل نوع

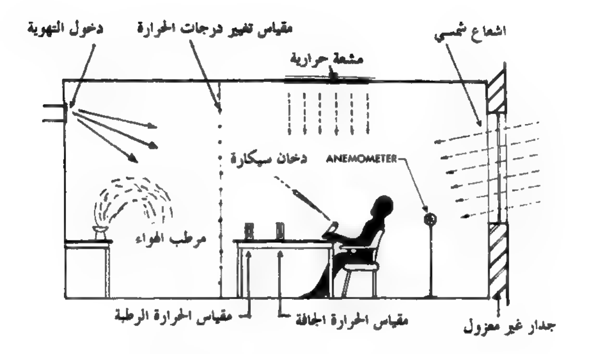
Power قدرة الجهاز المستعمل (W)

ويوضح الجدول (4 . 13) نوع وقدرة الاجهزة الخدمية والمكتبية المستعملة في المباني .

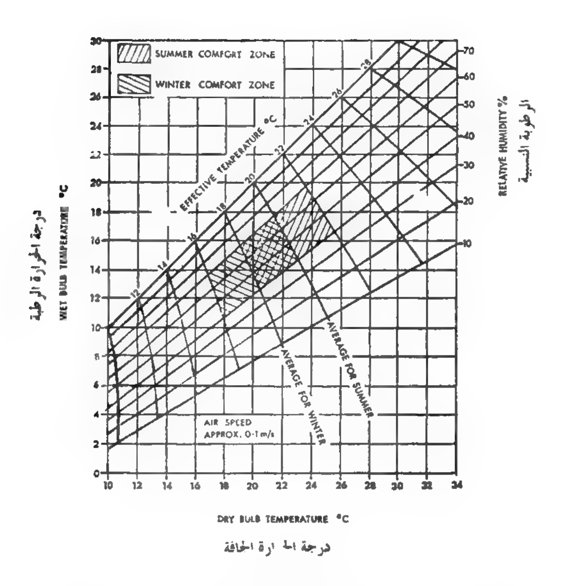
وهنا لابد من ان نميز بين الاحمال الحراريـة الـتي تدخـل في حسـابات الاحمـال الحراريـة صيفـا وشتاءا . بعض الاجهزة والاحمال الحرارية تدخل في حسابات الاحمال الحرارية صيفا وشتاءا ان كـانت تستعمل على مدار السنة مثل الاجهزة المكتبية والخدمية والحاسوب ومنظومة الانـارة ...الخ ، في حين لايمكـن اعتبـار حسـاب الحـرارة الناتجـة مـن تشـغيل المدفـأة الكهربائيـة او الغازيـة مثـلا لعـدم استعمالها في فصل الصيف .

لغرض حسابات الاحمال الحراريـة المنتقلـة عـبر الجـدران والسـقوف والارضيـات والشـبابيك والابواب لفروق درجات الحرارة الخارجية والداخلية التصميمية المرغـوب بهـا صيفـا وشـتاءا يجـب ان تحسب هذه الاحمال منفردة حسب درجات الحرارة صيفا وشتاءا وتضاف الى الاحمـال الحراريـة الكليـة للصيف والشتاء . ومنها نستنتج الحاجة الى كميات الطاقة المطلوبة للتدفئة والتبريد للمبنـى . ويسـتعمل عادة في حالة التـبريد قيـاس طـن تـبريد (ton refrigeration) ويعـادل 3517 واط (او 12000 وحدة حرارية بريطانية / ساعة) . ويستعمل قدرة الطاقة بالواط في حالة التدفئة .

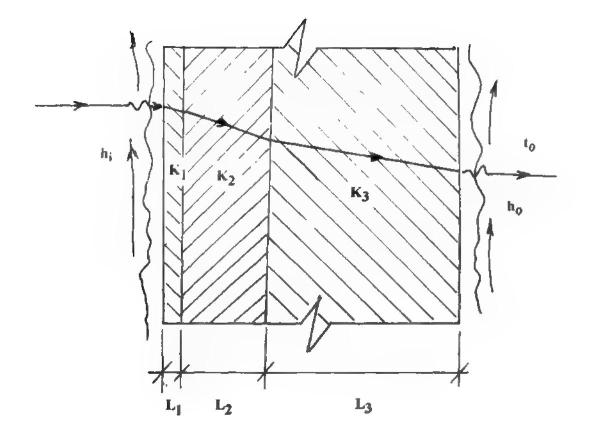
ومن الجدير بالذكر ان هناك عوامل عديدة تدخل في حسابات الاحمال الحرارية للمباني ويعتمد تأثيرها على نوعية المواد المستخدمة وطريقة البناء المتبعة وغاية الاستعمال المنشودة في المبنى ونذكر على سبيل المثال ان من اهم هذه العوامل هي الفقدان الحاصل نتيجة انتقال الحرارة بواسطة التوصيل الذي يحدث في الزوايا (تقاطع الجدران في الزوايا) وتأثير هبوب الرياح على المبنى واعتبار الموقع الجغرافي من ناحية الاتجاه الجغرافي والارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر ...الخ . وكلما زاد عدد العوامل المؤثرة الداخلة في حسابات الاحمال الحرارية امكن اختيار قدرة منظومة التكييف المطلوبة بدقة اكثر . ولتلافي حسابات العوامل غير الضرورية المفصلة التي اشير اليها اعلاه ، يمكن اهمالها خلال عمليات حسابات الاحمال الحرارية للمبنى واعتماد عامل الامان كأحتياطي تقدر قيمته من قبل المهندس المختص للاستعاضة عن الاهمال الحاصل في حسابات العوامل غير الضرورية . وتتوفر الان في الاسواق برامج جاهزة متخصصة تعمل على الحاسوب يمكن تغذيتها بالمعلومات والحصول على تصميم مثالي للمنظومة المطلوبة وتحديد مواصفات اجزائها بصورة دقيقة .



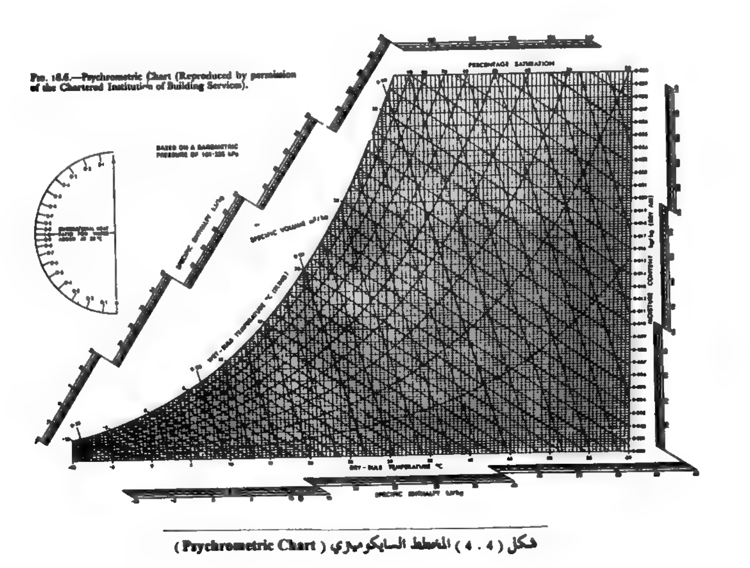
شكل (4 . 1) بعض العوامل المؤثرة على راحة الانسان



شكل (4 . 2) حدود درجات الحرارة والرطوبة النسبية المريحة للانسان



شكل (4 . 3) انتقال الحرارة خلال طبقات الجدار



شكل (4 . 4) المخطط السايكومتري (Psychrometric Chart)

جدول (1 . 4) مواصفات مواد البناء والعازلة

TRANSMITTANCE COEFFICIENTS 'U'
(W/m² K) FOR 'NORMAL' EXPOSURE
(including allowance for moisture as appropriate)

WALLS — مواصفات مواد البناء	Thickness, mm 105	220	260	335	375
Brickwork					
Solid					
Unplastered	3.3	2.3	—	1.7	—
Plastered	3.0	2.1	—	1.7	—
Cavity (unventilated) brick outer skin					
Brick inner skin, plastered	—	—	1.5	—	1.2
Lightweight concrete inner skin, 13 mm expanded polystyrene in cavity, plastered	—	—	0.7	—	—
Brick inner skin, plastered, cavity filled with urea formaldehyde or mineral wool	—	—	0.5	—	—

	Thickness, mm 150	165	200
Concrete			
In situ			
Cast, unplastered	3.5	—	3.1
Cast with 50 mm woodwool on inside, plastered	1.1	—	1.1
Pre-cast			
Panel with 50 mm cavity and lined with 25 mm expanded polystyrene plus plasterboard finish	—	0.80	—
Framed Constructions			
5 mm asbestos cement sheet			
Bare on frame			5.3
On frame with cavity and aluminium foil backed plasterboard			1.8
Double skin with 25 mm glass fibre insulation in between			1.1
Tile hanging on timber battens and building paper, 50 mm glass fibre in cavity, plasterboard finish			0.65
Weather boarding on building paper and timber frame, 50 mm glass fibre in cavity, plasterboard finish			0.62
Curtain Walling (typical examples)			
With 5% bridging by metal mullions			
Mullions projecting outside			1.2
Mullions projecting inside and outside			1.8
With 10% bridging by metal mullions			
Mullions projecting outside			1.5
Mullions projecting inside and outside			2.8

GLAZING *(measured over wall opening)*	
Single	
Metal frames	5.6
Timber frames	4.3
Double, air space 20 mm or over	
Metal frames	3.2
Timber frames	2.5

... space 4 mm	
...	4·8
... mes	3·9
...	6·6
... ght under, ventilated	5·8
..., 25 mm thick	2·6

... mm thick, covered asphalt or felt	
... ed	3·4
... mm (average) lightweight concrete screed to falls, plaster soffite	1·8
... 50 mm thick, covered asphalt or felt	
... ated	2·2
... mm (average) lightweight concrete screed to falls, plaster soffite	1·4
... slabs, 50 mm thick with asphalt or felt on 13 mm screed, on timber joists	
... nium backed plasterboard ceiling	0·9
... glass fibre above ceiling	0·6
... ty asbestos cement decking with asphalt	
... on 13 mm insulating board	
... oid	1·5
... with 25 mm glass fibre	0·73

... battens roofing felt and rafters, ceiling below joists	
... ium backed plaster board	1·5
... glass fibre over plaster board	0·5
... asbestos cement or plastic covered steel sheeting	
... lated	6·7
... y and aluminium backed plaster board lining	2·0
... double-skin asbestos cement sheeting with 25 mm glass fibre insert	1·1

	4 edges exposed	2 edges exposed
... n contact with earth		
... × 30 m broad	0·16	0·09
... × 7·5 m	0·48	0·28
... m broad	0·15	0·06
... m broad	0·32	0·18
... m broad	0·26	0·15
... m broad	0·55	0·32
... m broad	0·45	0·26
... m broad	0·62	0·36
... × 7·5 m broad	0·76	0·45
... m broad	1·47	1·07

... Floors	
... ventilated airspace below	1·3
... 25 mm fibre board below floor boarding over ventilated airspace	1·08

... mediate Floors	Heat Flow Upwards	Heat Flow Downwards
... on joists, plaster ceiling	1·7	
... ete		
... mm thick, 50 mm screed	2·7	2·2
... mm thick, 20 mm woodblocks	2·0	1·7
... ete		
... mm thick, 50 mm screed	2·0	1·7
... mm thick, 20 mm woodblock	1·6	1·4

مواصفات المواد العازلة المستعملة في المباني

THERMAL INSULATING MATERIALS FOR BUILDING

Material	Bulk Density kg/m³	Conductivity W/m K
Concrete, Lightweight block*	600	0·180
Corkboard	145	0·042
Fibreboard (insulating)	380	0·060
Glassfibre, quilt	80	0·040
Kapok, quilt	30	0·030
Mineral wool, loose mat	180	0·042
Polystyrene, expanded, board	15	0·037
Polyurethane board	30	0·023
Pumice, loose granules	350	0·070
Sawdust, loose	145	0·080
Thatch, straw	240	0·070
Urea formaldehyde foam	10	0·031
Vermiculite, granules	100	0·065
Wood-wool, slabs	600	0·110

* Protected, moisture content 3% by volume

جدول (4 . 2) الخواص الفيزيائية للمواد

Properties of Materials

Material	Density (Specific Mass)	Specific Heat Capacity	Coeff. of Linear Expansion per K $10^{-6} \times \ldots$	Thermal Conductivity (k)
	kg/m³	kJ/kg K		W/m K
Metals				
Aluminium (sheet)	2 700	0·98	25·5	238
Brass (Cast)	8 100	0·36	18·8	109
Copper (sheet)	8 800	0·39	17·5	385
Iron (Cast)	7 400	0·51	10·2	47
Lead	11 400	0·14	29·0	35
Magnesium	1 700	1·05	25·5	157
Mercury (0° C)	13 600	0·14	60·0	7
Mild Steel	7 800	0·48	11·3	48
Tin	7 300	0·23	21·4	64
Zinc (sheet)	7 200	0·39	26·1	112
Building Materials				
Asbestos cement (sheet)	1 550	0·84	9·9	0·45
Asphalte	2 250	1·68	—	1·2
Brick (exposed)	1 800	0·79	2·2	1·07
Concrete (exposed)	2 400	0·84	9·9	2·55
Firebrick (at 400° C)	2 000	0.84	4·9	1·0
Glass (sheet)	2 500	0·84	8·4	1·05
Granite	2 650	0·90	7·9	2·9
Limestone	2 200	0·86	6·3	1·5
Marble	2 700	0·90	11·0	2·0
Plaster	1 300	0·84	—	0·46
Plaster board	950	0·84	—	0·16
Slate	2 700	0·75	19·6	1·9
Tiles (burnt clay)	1 900	0·84	—	0·85
Timber				
Deal	600	1·21	4 to 8 along grain	0·13
Oak	750	1·88	20 to 80 across grain	0·16
Pitch pine	650	2·30	(when dry)	0·14
****Insulating Materials***				
Asbestos Millboard	700	0·82	—	0·11
Lightweight Concrete	600	0·84	1·4	0·18
Cork board	150	1·80	—	0·04
Diatomaceous Brick	500	0·80	1·4	0·09
Fibreboard	380	—	—	0·05
Glass Fibre (quilt)	80	0·82	—	0·04
Calcium Silicate	200	—	—	0·07
Polystyrene (expanded)	15	—	—	0·04
Vermiculite (loose)	100	—	—	0·07
Wood wool (slab)	600	—	—	0·11
Miscellaneous				
Water 4° C	1 000	4·205	0	0·6
Water 15° C	998·5	4·186	65	0·6
Water 100° C	958·4	4·214	250	0·67
Ice	920	2·1	52	2·2
Air (at normal pressure) 20° C	1·205	1·012	—	0·027
Air (at normal pressure) 100° C	0·943	1·017	—	0·027

جدول (4 . 3) الخواص الفيزيائية للموائع

السوائل

Material	ρ (kg/m^3)	$\beta \times 10^4$ $(1/K)$	c_p $(J/kg \cdot K)$	k $(W/m \cdot K)$	$\alpha \times 10^6$ (m^2/s)	$\mu \times 10^4$ $(N \cdot s/m^2)$	$\nu \times 10^6$ (m^2/s)	Pr	$g\beta/\nu^2 \times 10^{-10}$ $(1/K \cdot m^3)$
Ammonia	611.8	24.5	4,798	0.521	0.1775	2.196	0.359	2.02	18.64
Engine oil	888.2	7	1,880	0.145	0.0872	7,990	900	104	0.00000085
Ethyl alcohol	789	11	2,470	0.182	0.0934	12	1.52	16.29	0.467
Freon 12	1,330		965.9	0.073	0.056	2.633	0.198	3.5	
Mercury	13,579	1.82	139.4	8.69	4.606	15.48	0.114	0.0249	13.73
Water	998.2	2 1	4,182	0.597	0.143	9.93	1.006	7.0	0.2035

الغازات تحت الضغط الجوي

Material	ρ (kg/m^3)	$\beta \times 10^3$ $(1/K)$	c_p $(J/kg \cdot K)$	k $(W/m \cdot K)$	$\alpha \times 10^4$ (m^2/s)	$\mu \times 10^6$ $(N \cdot s/m^2)$	$\nu \times 10^6$ (m^2/s)	Pr	$g\beta/\nu^2 \times 10^{-10}$ $(1/K \cdot m^3)$
Air, dry	1.164	3.41	1,012	0.0251	0.220	18.240	15.7	0.71	136
Carbon dioxide	1.849	3.4	862	0.01606	0.1014	14.626	7.97	0.773	472
Carbon monoxide	1.097	3.4	1,042	0.02472	0.2041	17.50	15.06	0.739	133
Helium	0.1708	3.51	5,200	0.1471	1.738	19.84	122.2	0.703	3.08
Hydrogen	0.0841	3.42	14,278	0.1784	1.495	8.817	105.5	0.707	3.18
Nitrogen	1.182	3.4	1,041	0.0256	0.2121	17.50	15.07	0.715	184
Oxygen	1.338	3.4	919	0.02618	0.2143	20.24	15.24	0.711	153.5

جدول (4 . 4) الخواص الفيزيائية للسطوح الشفافة

Glass or Shading Element	Absorption coefficient	Reflection coefficient	Transmission coefficient
4 mm clear glass	0·08	0·08	0·84
6 mm plate glass	0·14	0·08	0·80
6 mm heat-absorbing glass	0·40	0·06	0·54
6 mm silver laminate glass	0·45	0·41	0·14
Light-coloured Venetian blinds with their slats at 45°	0·37	0·51	0.12

	Angle of incidence							
	0°	20°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Transmissivity	0·87	0·87	0·86	0·84	0·79	0·67	0·42	0
Absorptivity	0·05	0·05	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0

جدول (4 . 5) اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه

حسب الاتجاه الجغرافي(SHGF)

اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه من الزجاج الخارجي المعرض للشمس (w/m^2)

24 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	85	85	129	404	599	737	798	760	716	675
Feb	95	95	252	521	690	770	767	672	606	766
Mar	107	142	391	615	738	748	675	530	432	[illegible]
Apr	117	270	502	659	719	[illegible]	533	338	237	893
May	136	369	562	675	[illegible]	599	416	211	145	[illegible]
June	174	401	501	675	669	565	369	174	136	[illegible]
July	142	366	555	663	672	584	407	205	145	871
Aug.	120	274	492	[illegible]	[illegible]	[illegible]	511	325	227	874
Sep.	110	133	375	584	700	730	650	514	423	839
Oct	98	98	249	502	646	748	741	653	590	770
Nov.	85	85	133	390	590	765	786	748	707	672
Dec.	82	82	91	353	568	738	779	779	748	628

28 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan	79	79	110	369	577	741	792	779	751	618
Feb	91	91	227	495	672	770	776	707	653	738
Mar	104	129	366	596	729	748	697	574	495	836
Apr	114	265	476	647	719	681	562	391	297	877
May	126	363	543	666	690	645	454	262	183	883
June	161	394	562	666	672	581	404	707	155	877
July	129	360	536	636	678	599	442	252	100	870
Aug	120	262	470	628	694	653	545	379	287	858
Sep	107	120	350	565	694	713	672	558	486	[illegible]
Oct	95	95	224	476	644	745	751	685	637	722
Nov	82	82	110	365	571	732	779	767	741	615
Dec	75	76	76	312	543	716	782	792	776	563

32 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
June	76	76	91	331	552	722	798	789	776	555
Feb.	85	85	205	470	647	764	782	732	697	665
Mar	101	117	338	577	716	748	716	615	555	795
Apr	114	252	461	631	706	691	590	445	363	855
May	120	350	536	656	694	628	409	312	233	874
June	139	385	555	656	675	596	439	262	189	871
July	126	350	527	643	670	612	473	385	227	861
Aug./	117	249	445	615	691	663	571	429	350	836
Sep	104	170	325	546	678	710	[illegible]	596	540	779
Oct	88	88	199	451	615	738	754	710	678	672
Nov.	76	76	91	325	546	710	773	776	767	552
Dec	69	69	69	265	511	[illegible]	776	793	795	[illegible]

36 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	69	69	76	284	524	691	779	795	795	[illegible]
Feb.	82	82	180	439	615	754	782	754	732	620
Mar.	95	104	312	555	704	751	732	650	[illegible]	751
Apr	110	240	454	618	710	[illegible]	618	492	426	827
May	128	338	530	644	694	644	521	366	293	858
June	148	372	552	647	670	612	473	313	243	861
July	123	330	521	634	[illegible]	628	[illegible]	357	284	846
Aug.	114	237	435	599	[illegible]	669	596	476	413	811
Sep.	98	98	300	527	663	719	700	631	590	726
Oct.	85	85	177	428	590	726	754	729	710	615
Nov	69	69	76	274	514	678	767	782	782	486
Dec.	63	63	63	210	476	644	780	770	801	429

ملاحظة : توجد جداول لخارج حدود الوطن العربي (ASHRAE HANDBOOK 1985)

اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه من الزجاج الخارجي المظلل (w/m^2)

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(ALL LAT.) HOR.
Jan.	98	98	98	104	107	114	117	117	120	50
Feb.	107	107	107	110	114	117	120	120	123	59
Mar.	114	114	117	120	123	126	126	123	123	66
Apr.	126	126	130	133	133	133	129	126	126	76
May	137	139	142	145	142	136	129	126	126	85
June	142	145	148	148	145	139	129	126	126	95
July	142	142	145	148	148	142	133	129	129	94
Aug.	133	133	136	142	145	142	136	133	133	88
Sept.	117	117	120	126	129	133	133	129	129	73
Oct.	107	107	107	114	120	123	126	126	126	60
Nov.	101	101	101	104	107	114	120	120	123	54
Dec.	95	95	95	98	104	107	114	117	117	47

جدول (4 . 6) معامل حمل التبريد (CLF)

- . أ) حمل التبريد (CLF) للزجاج بدون مظللات داخلية ، خطوط عرض شمالية

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, h 0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	[illegible]
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	[illegible]
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	[illegible]
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	[illegible]	[illegible]
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.38	0.34	0.33	0.30	[illegible]	
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.33	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	[illegible]	[illegible]
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	[illegible]	[illegible]
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	[illegible]	[illegible]
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	[illegible]	0.14
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	[illegible]	0.16
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	[illegible]	0.15
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	[illegible]	0.17
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	[illegible]
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	[illegible]	0.16
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	[illegible]	0.18
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.13	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	[illegible]	0.27
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25
	H	0.12	0.11	0.21	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	[illegible]
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	[illegible]
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	[illegible]	[illegible]
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	[illegible]	0.41
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	[illegible]	[illegible]
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	[illegible]	[illegible]
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.61	[illegible]	0.44
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	[illegible]	0.42
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.53	0.38
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	[illegible]	0.39
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.44
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.36	0.46	[illegible]	0.38
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	[illegible]	0.37
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	[illegible]

L = Light construction: frame exterior wall, 50.8 mm concrete floor slab, approximately 146 kg of material/m² of floor area.
M = Medium construction: 101.6 mm concrete exterior wall, 101.6 mm concrete floor slab, approximately 341 kg of building material/m² of floor area.
H = Heavy construction: 152.4 mm concrete exterior wall, 152.4 mm concrete floor slab, approximately 635 kg of building materials/m² of floor area.

معامل حمل التبريد (CLF) للزجاج مع مظللات داخلية ، خطوط عرض شمالية

Fenestration Facing	Solar Time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR.	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

معامل حمل التبريد (CLF) عند استعمال الانارة لمدة 12 ساعة

"a" Coefficients	"b" Classification	Number of hours after lights are turned on																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	A	0.05	0.49	0.59	0.67	0.73	0.78	0.82	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.51	0.41	0.33	0.27	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06
	B	0.13	0.57	0.61	0.65	0.69	0.72	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.43	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15
0.45	C	0.19	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20
	D	0.22	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23
	A	0.04	0.58	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.42	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05
	B	0.11	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.35	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12
0.55	C	0.15	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16
	D	0.18	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.80	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19
	A	0.03	0.67	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	B	0.09	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
0.65	C	0.12	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
	D	0.14	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15
	A	0.02	0.77	0.81	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	B	0.06	0.81	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
0.75	C	0.09	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	D	0.10	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.89	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11

ملاحظة : ترجد جداول لاستعمال الانارة لساعات مختلفة (ASHRAE HANDBOOK 1985)

جدول (4 . 7) معامل التظليل (Sc)

نوع الزجاج	السمك mm	بدون ظل داخلي	ستائر ذات اضلاع متوسط	ستائر ذات اضلاع فاتح	ظلال دواره غامق	ظلال دواره فاتح	
Single glass							زجاج مفرد
Regular sheet	3	1.00.	0.64	0.55	0.59	0.25	زجاج اعتيادي
Plate	6-12	0.95	0.64	0.55	0.59	0.25	لوح زجاجي
Heat-absorbing	6	0.70	0.57	0.53	0.40	0.30	ماص للحرارة
	10	0.50	0.54	0.52	0.40	0.28	
Double glass							زجاج مزدوج
Regular sheet	3	0.90	0.57	0.51	0.60	0.25	زجاج اعتيادي
Plate	6	0.83	0.57	0.51	0.60	0.25	لوح زجاجي
Reflective	6	0.2-0.4	0.2-0.33				عاكس

جدول (4 . 8) معامل الكبح (Fr)

نوع المصباح	المعامل
مصباح سلكي حراري تقليدي (Tungsten Lamp)	1.0
مصباح انبوبي غازي (Fluorescent Lamp)	1.25

جدول (4 . 9) الحرارة المحسوسة والكامنة المتولدة من الاشخاص

Activity	Heat emission per occupant Watts		
	Total	Latent	Sensible
At rest - - - - - -	115	25	90
Sedentary worker - - -	140	40	100
Walking - - - - - -	160	50	110
Light manual work - - -	235	105	130
Heavy work - - - - -	440	250	190

جدول (4 . 10) معدل التسرب

معدل التسرب من الابواب

Component	Best Estimate	Max	Min	Unit
SINGLE DOOR Weatherstripped per m^2 door	8	15	3	cm^2/m^2
Same, not weatherstripped	11	17	6	cm^2/m^2
DOUBLE DOOR Weatherstripped per m^2 door	8	15	3	cm^2/m^2
Same, not weatherstripped	11	22	7	cm^2/m^2
ACCESS TO ATTIC OR CRAWL-SPACE Weatherstripped per access	18	18	8	cm^2 each[a]
Same, not weatherstripped	30	30	10	cm^2 each[a]

معدل التسرب من النوافذ (الشبابيك)

Component	Best Estimate	Max	Min	Unit
WOOD FRAME WALL with caulking per m^2 window	0.3	0.5	0.3	cm^2/m^2
Same, no caulking	1.7	2.7	1.5	cm^2/m^2
MASONRY WALL with caulking per m^2 window	1.3	2.1	1.1	cm^2/m^2
Same, no caulking	6.5	10.3	5.7	cm^2/m^2

جدول (4 . 11) عدد مرات تغيير الهواء في المباني المختلفة

عدد مرات تغير الهواء بالساعة	نوع الحيز او المكان
6_2	مكاتب فوق مستوى سطح الأرض
20_10	مكاتب تحت مستوى سطح الأرض
4_1	مصانع ذات مساحات واسعة
8_6	مصانع وورش مجمعة مع بعضها
30_20	مصانع ذات أبخرة غير صحية
20_10	محلات الغسيل والتجفيف
40_20	مطابخ فوق مستوى سطح الأرض
60_40	مطابخ تحت مستوى سطح الأرض
12-6	دورات مياه
15-10	غرف مولدات البخار والمكائن
10_8	مصهر معادن ودلفقمع منظومة سحب هواء
20_10	مصهر معادن بدون منظومة فصل وسحب هواء
12_10	المختبرات
[illegible]	صالة عمليات في المستشفى
10	صالة علاج في المستشفى
15_10	المطاعم
15_10	غرف يسمح فيها التدخين
2_1	مخازن وغرف مقفلة
6_3	صالة فعاليات مختلفة
4_3	غرف الفصول الدراسية
2_1	غرف المعيشة
1	غرف النوم
4_3	فراغات المداخل والأستقبال
4_2	المكتبات

جدول (4 . 12) العلاقة بين سرعة الهواء والارتفاع

Indoor Temp. °C	Theoretical velocity in m/s for following heights between inlet and outlet								
	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
10·0	0·60	0·84	1·03	1·19	1·33	1·63	1·88	2·10	2·30
12·5	0·73	1·03	1·26	1·46	1·63	1·99	2·30	2·57	2·82
15·0	0·84	1·19	1·46	1·68	1·88	2·30	2·66	2·97	3·26
17·5	0·94	1·33	1·63	1·88	2·10	2·57	2·97	3·32	3·63
20·0	1·03	1·46	1·78	2·06	2·30	2·82	3·26	3·63	3·99
22·5	1·11	1·57	1·93	2·22	2·49	3·04	3·52	3·92	4·30
25·0	1·18	1·68	2·06	2·38	2·66	3·26	3·76	4·21	4·60
27·5	1·26	1·78	2·18	2·52	2·82	3·45	3·99	4·46	4·88
30·0	1·32	1·88	2·30	2·66	2·97	3·64	4·20	4·70	5·15

جدول (4 . 13) قدرة الاجهزة الخدمية

نوع الجهاز	قدرة الجهاز
	واط
ثلاجة متوسطة	٢٠٠
مجمدة	٤٠٠
غسالة	٤٠٠
منشفة ملابس	٢٠٠٠ _ ٤٠٠٠
مبردة متوسطة ٢٥٠٠ قدم٣	٣٠٠
مبردة كبيرة٦٠٠٠ قدم٣	٥٦٠
مكيفة هواء متوسطة	٣٠٠٠
مكيفة هواء كبيرة	٤٥٠٠
مروحة كهربائية	١٢٥
مدفئة زيتية	٢٠٠٠
تلفزيون اسود وابيض	١٠٠
تلفزيون ملون	٢٢٠
مسجل استريو	١٠٠
راديو	٤٠
فيديو	١٥
مكواة	١٠٠٠
٨ مصابيح × ٦٠ واط	٤٨
منشفة شعر (شوار)	٣٠٠ ٧٥
مكنسة كهربائية	٣٠٠
طباخ كهربائي	٢٠٠٠ _ ٣٠٠٠
ماكنة لحم	٣٠٠
خلاطة	٣٠٠
شواية (توستر)	٢٠٠٠
مكنة قطع فواكه وحصر	٣٠٠
شواية صمون	٧٠٠

جدول (4 . 12) العلاقة بين سرعة الهواء والارتفاع

Indoor Temp. °C	Theoretical velocity in m/s for following heights between inlet and outlet								
	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
10·0	0·60	0·84	1·03	1·19	1·33	1·63	1·88	2·10	2·30
12·5	0·73	1·03	1·26	1·46	1·63	1·99	2·30	2·57	2·82
15·0	0·84	1·19	1·46	1·68	1·88	2·30	2·66	2·97	3·26
17·5	0·94	1·33	1·63	1·88	2·10	2·57	2·97	3·32	3·63
20·0	1·03	1·46	1·78	2·06	2·30	2·82	3·26	3·63	3·99
22·5	1·11	1·57	1·93	2·22	2·49	3·04	3·52	3·92	4·30
25·0	1·18	1·68	2·06	2·38	2·66	3·26	3·76	4·21	4·60
27·5	1·26	1·78	2·18	2·52	2·82	3·45	3·99	4·46	4·88
30·0	1·32	1·88	2·30	2·66	2·97	3·64	4·20	4·70	5·15

الفصل الخامس

الطاقة الشمسية

5 . 1 . تعريف الطاقة الشمسية

ان الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الارض وهي المصدر الوحيد للطاقة الشمسية التي تصلنا الى سطح الارض . والشمس كرة غازية يبلغ نصف قطرها حوالي 696000 كيلو متر وكتلتها حوالي 2×10^{29} طن ومكوناتها الاساسية هي غاز الهيدروجين (حوالي 75 ٪) وغاز الهيليوم (حوالي 25 ٪) بالاضافة الى كميات ضئيلة من بعض العناصر الاخرى مثل الحديد والسيليكون والنيون والكربون . وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل اربع ذرات من الهيدروجين الى ذرة واحدة من الهيليوم في تفاعل اندماجي . ولما كانت كتلة ذرة الهيليوم الناتجة من التفاعل اقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه ، فان فرق الكتلة هذا يتحول الى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة اشعة شمسية يبلغ معدل شدة انبعاثها 3.8×10^{23} كيلو واط . وتشع هذه الكمية في جميع الاتجاهات . ولايصل الى كوكب الارض منها الا مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الارض ومع المسافة بين الارض والشمس . ولايصل الاشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي كله الى سطح الارض فان جزءا منه يقدر بحوالي 13٪ ينعكس الى الفضاء خارج الغلاف الجوي ، وجزءا اخر حوالي 26٪ يمتص من مكونات الغلاف الجوي والغيوم . اما ما يصل الى سطح الارض من الاشعاع الشمسي على شكل اشعاع مباشر واشعاع منتشر (مبعثر) (Direct and Diffuse) فهو لايزيد على حوالي 34٪ من الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على الغلاف الجوي .

تبلغ قيمة معدل شدة الاشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للارض 1353 واط لكل متر مربع وهو ما يعرف بالثابت الشمسي . ويتعرض الاشعاع الشمسي اثناء مساره خلال الغلاف الغازي الواصل الى سطح الارض الى حالات من التبعثر والامتصاص من قبل الظروف الجوية ومن قبل مكونات الغلاف الغازي المحيط بالكرة الارضية . حيث تعمل هذه المكونات ومنها الغازات المختلفة وذرات الغبار والماء العالقة بالهواء على امتصاص وانكسار جزء من الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض . كما تختلف كمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى الارض نتيجة التكوين الطبيعي لموقع الشمس بالنسبة الى موقع وحركة الارض ويؤدي ذلك الى حدوث الليل والنهار والفصول

الاربعة ، كما هو موضح في الشكل (5 . 1) . ان كل هذه العوامل التي اشير اليها تؤدي الى تقليل معدل شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض . علما بان هذا المعدل لايتوزع توزيعا متساويا على كل المناطق الجغرافية . ويوضح الشكل (5 . 2) اختلاف توزيع شدة الاشعاع على مناطق مختلفة من العالم . وتتأثر موجات طيف الاشعاع الشمسي سوءا كانت الموجات القصيرة او الطويلة بمكونات الغلاف الجوي ، كما هو مبين في الشكل (5 . 3) . وتتراوح اطوال موجات الاشعاع الشمسي التي يمكن استعمالها في التقنيات المختلفة للطاقة الشمسية على سطح الارض والتطبيقات العملية بين 0.29 - 2.5 مايكروميتر . تعتبر معدلات الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الارض كافية اذا استطاعت التقنيات الحديثة جمعها وتحويلها بكفاءة عالية الى احدى صور الطاقة المستعملة في مختلف التطبيقات الصناعية والزراعية والخدمية ... الخ .

5 . 2 . قياس الطاقة الشمسية

كما تم شرحه في اعلاه ، ان الطاقة الشمسية تكمن في شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض ويتكون من مركبتي الاشعاع المباشر والاشعاع المنتشر (المبعثر) . ويصل الاشعاع المباشر على شكل حزم ضوئية متوازية متجهة يمكن ملاحظة ذلك عندما تكون السماء صافية من الغيوم والاتربة والغازات . اما الاشعاع المنتشر فيتواجد في السماء من عدة اتجاهات بسبب انكسار الاشعة الشمسية بالغيوم الخفيفة والاتربة والغازات ومكونات الغلاف الجوي . وعندما نصف الاشعاع الشمسي الكلي نقصد به الاشعاع المباشر والمنتشر . وتعمل اغلب المجمعات الشمسية على تجميع الاشعاع المباشر والمنتشر او الاشعاع المنعكس من سطوح اخرى . وتوجد اجهزة شائعة الاستعمال لقياس شدة الاشعاع الشمسي بوحدات الواط لكل متر مربع . ويمكن قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر بواسطة جهاز (Pyrheliometer) كما في الشكل (5 . 4) . بينما يمكن قياس شدة الاشعاع الشمسي الكلي بواسطة جهاز (Pyranometer) كما في الشكل (5 . 5) . وعندما يركب قوس توليد الظل على جهاز (Pyranometer) يصبح هذا جهازا لقياس شدة الاشعاع المنتشر كما في الشكل (5 . 6) . وتستلم القراءات عادة على اجهزة تسجيل رقمية على اشرطة او اقراص اسطوانية او مطبوعة على شريط ورقي .

5 . 3 . استخدامات الطاقة الشمسية

اصبح في الوقت الحاضر استعمال الطاقة الشمسية مألوفا وموسعا في مجالات عديدة منها في المباني لتسخين الماء والهواء وتوليد الكهرباء وتحلية المياه وفي الزراعة المحمية في البيوت الخضر وتجفيف المحاصيل الزراعية وتوليد الهايدروجين وتوليد الغاز الحيوي والى استعمالات فرعية اخرى .

يمكن التركيز على استعمال الطاقة الشمسية في مجال تكييف المباني وتوفير الجو الطبيعي للساكنين وهذا يتم باستعمال منظومات الطاقة الشمسية والوسائل الاخرى المساعدة في المباني والدور المشيدة قديما او حديثا او التي ستشيد خصيصا لاستخدام منظومات الطاقة الشمسية في التقليل من استعمال الطاقة التقليدية . ومن ابسط هذه الاستعمالات في هذا المجال هو تحديد اتجاه المبنى والاستعمال الامثل لمساحات الشبابيك والمظللات الخارجية واستعمال العوازل الحرارية في بناء الجدران والسقوف واستعمال الستائر وبعض الاشجار الدائمة الخضرة والنفضية في الجهات المحيطة بالمبنى . اما تجهيز الماء الساخن للاستعمال المنزلي والصناعي الذي شاع استعماله في الوقت الحاضر ، فيتم بواسطة منظومات تسخين الماء الشمسية التي تتكون من المجمع الشمسي المستوي والخزان الحراري ومجموعة انابيب الربط والمسيطرات الحرارية او الكهربائية الملحقة بها . وبنفس الطريقة يمكن تجهيز الهواء الحار بواسطة منظومات تسخين الهواء الشمسية المختلفة . اما عملية توليد الكهرباء فتتم مباشرة بواسطة الخلايا الضوئية الشمسية المعرضة لاشعة الشمس المباشرة . وهناك تطبيقات واسعة للطاقة الشمسية في مجال الزراعة المحمية في البيوت الخضر البلاستيكية والزجاجية (الصوبات الزراعية) وتجفيف المحاصيل الزراعية وقد تحققت في هذا المجال نجاحات متقدمة . ويمكن استعمال المقطرات الشمسية لتحلية المياه وتوفيرها للاستعمال البشري والصناعي وخاصة في المناطق الصحراوية والمناطق التي تشكو من كثرة نسبة الملوحة في المياه .

ان هذه المجالات الواسعة والبسيطة لاستعمالات الطاقة الشمسية التي تم استعراض جزء منها ، سوف تؤدي الى تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية بنسبة او باخرى قد تزداد او تقل اعتمادا على نسبة مشاركة الطاقة الشمسية فيها . ان استعمال منظومات الطاقة الشمسية في هذه المجالات البسيطة لايتطلب خبرة وصيانة متقدمة سوى المحافظة على نظافة السطوح الشفافة للمنظومات الشمسية واوجه الخلايا الشمسية والمقطرات . ويفضل ضبط درجة ميلان المجمعات الشمسية لغرض تعرضها لاشعة الشمس المباشرة والمحافظة على عزل انابيب الربط بين اجزاء المنظومة عزلا جيدا وضبط ومعايرة عمل المسيطرات الحرارية في حالة وجودها في المنظومة . وسيتم لاحقا التطرق بنوع

من التفصيل الى شرح مكونات واجزاء وعمل منظومات الطاقة الشمسية المستعملة في تقنيات التحويل الحراري والتحويل الكهربائي حسب استعمالها في مجال تكييف المباني المختلفة .

5 . 4 . التحويل الحراري للطاقة الشمسية

يعتبر التحويل الحراري احدى طرق استعمال الطاقة الشمسية بصورة مباشرة او غير مباشرة عند تحويلها الى طاقة حرارية . تتم عملية التحويل الحراري بامتصاص اشعة الشمس الساقطة على اللوح الماص الموجود في المجمع الشمسي وتحويلها الى حرارة تنقل بواسطة مائع يدور بين اجزاء المنظومة وتجهيزها الى مكان الاستعمال .

يتم التحويل الحراري للطاقة الشمسية باحدى التقنيات المستخدمة لغرض الاستفادة منها في التطبيقات العملية ، ومن اهمها :-

5 . 4 . 1 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه

لقد جرى العديد من البحوث النظرية ورافقتها تطبيقات عملية من النماذج المستخدمة في المنظومات الشمسية لتسخين المياه . وقد قطعت شوطا متقدما من حيث البحوث النظرية والمشاريع العملية . ومن أشهر المجمعات الشمسية المستخدمة في منظومات تسخين المياه الشمسية هو المجمع المستوي حيث دخل هذا النوع من المجمعات الشمسية في خطوط الانتاج الصناعي . وأخذ يصنع في جميع أنحاء العالم ، لما يمتاز به من سهولة التصنيع والتركيب وسهولة الصيانة وعدم الحاجة الى قطع غيار . وقد تم تصنيعه بشكل انتاجي واستعماله بصورة موسعة في كل من اليابان وأمريكا والصين والدول الغربية وبعض دول البحر الأبيض المتوسط وأستراليا وكندا . وتم أيضا انتاجه في كل من مصر والأردن لسد حاجة الاستهلاك المحلي . وصنع المجمع المستوي أيضا في بعض الأقطار العربية لسد حاجة البحوث العلمية التطبيقية . واستعمل في بعض المشاريع السكنية في كل من ليبيا والعراق والخليج . وتمت مواكبة العمل البحثي المستمر في مجال المجمعات الشمسية ، وتطور تصميم المجمع الشمسي المستوي ، ناهيك عن تصميم اللوح الماص ، الى النوع الأنبوبي (المسمى المجمع المفرغ من الهواء) لتحقيق كفاءة تحويل حراري عالية وهذا النوع من المجمعات هو المعول عليه الآن بعد أن تستكمل الدراسات النظرية والعملية وحل كافة المشاكل المتوقعة أو التي ستظهر نتيجة الاستعمال العملي . ومن الدول الرائدة في مجال انتاج هذا النوع من المجمعات الشمسية أمريكا وهولندا

واليابان وأستراليا وكندا . تعد منظومات تسخين المياه الشمسية من أهم المنظومات التي تستغل الطاقة الشمسيه بكفاءة مرضية والتي تدخل في مجالات عديدة منها على سبيل المثال تسخين المياه للاستعمال المنزلي والصناعي وتدفئة المباني والبيوت الخضر (الصوبات الزراعية) . وتشكل هذه الاستعمالات نسبة لابأس بها بالمشاركة للتعويض عن استعمال الطاقة التقليدية في هذه المجالات . وسيتم التطرق الى شرح انواع ومكونات منظومات تسخين المياه الشمسية في الفصل (6) . ولابد من الاشارة ايضا الى انواع المجمعات الشمسية ذات التركيز الواطئ والمتوسط والعالي الذي يتم في مرحلة واحدة او اكثر . ومن اشهر هذه المجمعات المركزات الاسطوانية والكروية وذات القطع المكافئ والمرايا العاكسة . وتستعمل هذه المجمعات في توليد درجات حرارة متوسطة وعالية وتوليد البخار للاغراض الصناعية غالبا . وسيتم التطرق لاحقا الى انواع واشكال وتصاميم واستعمالات هذه المركزات .

5 . 4 . 2 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء

لايختلف وصف واداء المنظومات الشمسية لتسخين الماء عن المنظومات الشمسية لتسخين الهواء المستعملة في تزويد الهواء الحار للاستعمال المباشر وغير المباشر . يمكن تقسيم منظومات تسخين الهواء الشمسية الى نوعين هما المنظومات الموجبة (القسرية) والمنظومات الطبيعية (السالبة) . وهناك تصاميم مختلفة ومتنوعة للمجمعات الشمسية المستعملة في النوعين سيتم شرحها في الفصل (7) . لم تدخل المجمعات الشمسية الهوائية خطوط الانتاج الصناعي كما في حالة المجمعات الشمسية المائية التي انتشرت بشكل واسع جدا . ويعود ذلك للمزايا والمساوئ التي تمتاز بها منظومات تسخين الهواء التي سيتم شرحها في الفصل (7 . 12) . في بعض تصاميم المنظومات الطبيعية (السالبة) يؤدي فيها المجمع الشمسي وظيفة منظومة متكاملة حيث يقوم بتجميع الاشعة الشمسية وخزن الحرارة وتوزيعها . ويمكن الاطلاع على انواع هذه المنظومات في الفصل (7) . لم تدخل المنظومات الطبيعية مجال الانتاج الصناعي لحد الان وذلك لعدم وجود تصاميم ومواصفات وقياسات محددة لها بل تعتمد على عوامل عديدة من اهمها التصميم المعماري ونوع المبنى والموقع الجغرافي .. الخ . وتم استعمال المنظومات الشمسية الهوائية في تكييف المباني السكنية والخدمية ورياض الاطفال ودور النقاهة والمستشفيات والنوادي الرياضية المشيدة قديما وحديثا . واستعملت في كل من الولايات المتحدة وكندا واوربا واليابان واسبانيا والعراق والاردن وسوريا وتونس ومصر .

5 . 4 . 3 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد البخار للأغراض الصناعية

لقد تم استخدام الطاقة الشمسية في منظومات توليد البخار للأغراض الصناعية لتشغيل المحركات البخارية لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لخطوط الانتاج المختلفة . وتستعمل عادة المركزات الشمسية التي تعمل على تجميع وتركيز الاشعة الشمسية الساقطة على العاكسات البصرية على الجزء الخاص من المجمع الموجود في البورة . وهناك نوعان شائعان من المركزات الشمسية هما المركزات الخطية والمركزات النقطية كما في الشكل (5 . 7) . وتعتمد درجة الحرارة المطلوبة على نسبة تركيز الاشعة .

ان استعمال أحد أنواع منظومات الطاقة الشمسية ذات تركيز متوسط لتوليد البخار يعني الاستغناء عن الوقود التقليدي لتشغيل المراجل البخارية لتوليد الكهرباء . تم انشاء محطات كبيرة في أمريكا وأسبانيا واليابان والصين لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية . وهناك محطات صغيرة موزعة في أستراليا والدول الأوروبية لتوليد البخار لأغراض صناعية وخاصة في الصناعات الغذائية واقيمت مشاريع تطبيقية في كل من تونس والعراق والجزائر والكويت باستعمال تقنيات مختلفة .

5 . 4 . 4 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد درجات حرارة عالية

استخدمت المنظومات البرجية المركزية في تركيز الاشعاع الشمسي بنسبة تركيز عالية في توليد درجات حرارة مرتفعة جدا لاغراض توليد الكهرباء وعمليات صهر المعادن واجراء بعض التفاعلات الكيماوية بواسطة الأفران الشمسية .

وصف المحطة البرجية

تتكون المحطة البرجية من مساحات شاسعة من مرايا مثبتة على قواعد متحركة يتحكم فيها الحاسوب (عقل الالي) . وتتحرك هذه المرايا اثناء ساعات النهار لمتابعة حركة الشمس وتأمين توجيه الاشعة الشمسية المنعكسة على المجمع الشمسي المحمول على برج يرتفع عشرات الامتار عن سطح الارض ، كما موضح في الشكل (5 . 8) . وتعتمد المحطة البرجية في عملها على تركيز الاشعة الشمسية الساقطة على المرايا وتجميعها عند المجمع الشمسي الموجود في البورة فوق البرج . ويقوم الحاسوب بتنسيق حركة المرايا اثناء ساعات النهار حسب حركة الشمس وهذا يؤدي الى تأمين استلام الاشعة المنعكسة والمركزة على المجمع الشمسي طيلة ساعات النهار . ان تجميع الاشعة

الشمسية المركزة في البورة يولد درجات حرارة عالية في المجمع الشمسي الذي يستفاد منها في التطبيقات المختلفة .

وقد تم انشاء مثل هذا المشروع الضخم في كل من أمريكا واليابان وفرنسا واسبانيا والكويت كمشروع تجريبي لدراسة المعطيات التكنولوجية المستخدمة ودراسة الجدوى الاقتصادية . ويجري العمل في اقامة مشروع ريادي مماثل في الجماهيرية العظمى . نظرا لضخامة وكلفة مثل هذه المشاريع لم تتمكن دول العالم الاخرى من اقامة مشاريع مماثلة .

5 . 4 . 5 . استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

تعتبر تحلية المياه من اهم التطبيقات في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية والتعويض عن استهلاك الطاقة التقليدية في طرق التحلية المختلفة . لقد جرت أبحاث نظرية وتطبيقات عملية في مجال تحلية مياه البحار والينابيع والآبار في مناطق عديدة من العالم لما لها من تأثير مباشر على الحياة البشرية والزراعية على سطح الأرض . وتستخدم الطاقة الشمسية في تحلية المياه بطريقتين :

الطريقة الاولى هي الاستخدام المباشر للاشعاع الشمسي لتبخير جزء من الماء من المحلول الملحي ، ومن ثم تكثيفه . والادوات الاساسية التي تستخدم في هذه الطريقة هي المقطرات الشمسية التي تكون عبارة عن احواض زجاجية مغطاة عرفت واستخدمت في اواخر القرن الماضي .

وصف المقطرات الشمسية

استخدمت المقطرات الشمسية في تحلية المياه المالحة . وهي بيوت زجاجية ذات سطوح شفافة مائلة . وتتكون من حوض مصنع من مادة حديدية او بلاستيكية او اسمنتية وغالبا ما يطلى السطح الداخلي للحوض بصبغة سوداء داكنة لها القابلية على امتصاص اكبر كمية من الاشعاع الشمسي الساقط على السطح الداخلي للحوض عن طريق السطح الشفاف (وغالبا ما يكون من الزجاج) المغطي لسطح الحوض بصورة مائلة باتجاه واحد او اتجاهين على شكل مثلث كما هو موضح في الشكل (5 . 9) . توجد قنوات على جانبي الحوض لاستقبال الماء المكثف وصبه في وعاء التجميع . هناك تصاميم كثيرة للمقطرات الشمسية كان الغرض منها زيادة كفاءة انتاج المياه المقطرة . وقد استعمل في بعضها احد انواع السطوح العاكسة لزيادة تجميع اشعة الشمس وبالتالي

زيادة درجة الحرارة داخل المقطر الشمسي . تركب المقطرات الشمسية في صفوف طولية على مساحات شاسعة حسب الاحتياج للمياه العذبة .

ويمكن اختصار شرح طريقة عمل المقطرات الشمسية وذلك عن طريق تبخر بطيء لجزيئات الماء المالح الموجود في الحوض تحت الضغط الجوي الطبيعي ، الذي ترتفع درجة حرارته بواسطة ظاهرة البيوت الزجاجية المتأثرة بوجود الاشعاع الشمسي الذي يمتصه الماء المالح والسطح الاسود للحوض . وهذا سوف يسبب ارتفاع درجة الحرارة داخل المقطر مما يساعد على تبخر جزيئات الماء وتكثفها على السطح الشفاف الذي يكون ابرد من بقية اجزاء المقطر الشمسي تاركة الملح في قاع الحوض . وتتجمع قطرات الماء المكثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع . ويبين الجدول (5 . 1) بعضا من اكبر منشآت الاحواض الزجاجية للتحلية في العالم .

جدول (5 . 1)

بعض اكبر منشآت الاحواض الزجاجية لتحلية المياه بالطاقة الشمسية

البلد	بداية التشغيل	مساحة الحوض (متر مربع)	نوعية المياه
استراليا	1966	3160	ضاربة للملوحة
الباكستان	1972	9072	ماء بحر
اليونان	1967	8600	ماء بحر
تشيلي	*1872	4460	ضاربة للملوحة

* توقف عن العمل

وقد ادخلت العديد من التطويرات على التصميم الاساسي للحوض على مر السنين ولكن انتاجيته لا تزال تتراوح ما بين 3 – 5 لتر يوميا من الماء العذب لكل متر مربع من سطحه ، ولا

يتوقع التوصل الى تحسينات جوهرية في هذه الانتاجية لاسباب ترجع في اصولها الى علم الديناميكا الحرارية .

وفي اوائل الستينات من هذا القرن اتجه العلماء في الولايات المتحدة الامريكية الى التفكير في كيفية رفع انتاجية طرق الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية في التحلية . وتتمثل احدى هذه الطرق في اعادة استخدام الحرارة الناتجة عن تكثيف البخار عدة مرات لتبخير كميات اضافية من الماء . وقد انشأت منظومة تجريبية تعتمد على هذه الفكرة في ولاية اريزونا بالولايات المتحدة الامريكية ، ولكنها فيما يبدو لم تؤد الى نتائج مرضية جدا الا ان الاهتمام تجدد موخرا بهذه الفكرة ، حيث امكن التوصل الى تصميم منظومات تزيد انتاجيتها عن 20 لتر من الماء العذب يوميا لكل متر مربع من المساحة التي يسقط عليها الاشعاع الشمسي في المانيا وعن 15 لترا يوميا من الماء لكل متر مربع في فرنسا . وعموما فان هذه المنظومات لاتزال في مراحل التطوير المبكرة .

والطريقة الثانية هي استخدام الطاقة الشمسية في التحلية وتتمثل في احلال الطاقة الشمسية محل الطاقات التقليدية لاستخدامها في التقنيات المعتادة للتحلية .

لقد رصدت مبالغ لابأس بها في مجال البحوث العلمية والعملية لغرض الوصول الى كفاءة عالية للأجهزة المستخدمة في تحلية المياه بالطاقة الشمسية . وقد تحقق بعض النجاح في هذا المجال . ومن الجدير بالذكر هنا ان لكل مشروع تطبيقي خصوصية الأسس التي تعتمد عليها عوامل تقييم الجدوى الاقتصادية . ان أسس ومقومات تقييم الجدوى الاقتصادية لمشاريع التحلية تختلف من منطقة الى أخرى وكذلك باختلاف أسعار الطاقة التقليدية وتكاليف توفرها بالاضافة الى الضرورات الحياتية الملحة لبعض المناطق . ولهذا فان مشاريع تحلية المياه أخذت جانبا مهما من جوانب البحث العلمي المباشر مع الحياة . وقد تم انشاء مشاريع التحلية رغم ارتفاع تكاليفها وذلك للضرورات الحياتية والجغرافية على سبيل المثال . وقد قامت مشاريع بحث ريادية في مجال تحلية المياه في كل من الاردن والامارات العربية وتونس والجزائر والمملكة العربية السعودية وقطر والكويت والجماهيرية الليبية . وتعتبر تحلية المياه احدى الوسائل المتاحة والمهمة للنهوض بمستوى المجتمعات الفقيرة والمناطق النائية والمناطق التي تشكو من ملوحة المياه المفرطة .

5 . 4 . 6 . استخدام الطاقة الشمسية في تكييف المباني

لما كانت نسبة استهلاك الطاقة التقليدية في قطاع المباني تشكل جزءا لابأس به من مجموع الاستهلاك الاجمالي القومي للطاقة وتختلف هذه النسبة من بلد الى آخر اعتمادا على مستوى التطور التقني للمجتمع . فقد قامت مشاريع وبحوث عديدة متقدمة في العالم خاصة في مجال استخدام منظومات الطاقة الشمسية المختلفة في تكييف المباني كما في الشكل (5 . 10) . وانتشر في العالم استخدام منظومات الطاقة الشمسية المتعددة الأنواع والأشكال والمزايا سواءا كانت عن طريق التحويل الكهربائي او الحراري للطاقة الشمسية . وشهدت طريقة التحويل الحراري للطاقة الشمسية بواسطة المنظومات الايجابية والسلبية باستخدام الماء أو الهواء كوسيط ناقل للحرارة تطبيقات واسعة في مجال تكييف المباني السكنية والخدمية . وقامت العديد من المشاريع التطبيقية بالاضافة الى البحوث النظرية في هذا المجال في كل من أمريكا واستراليا واليابان وكندا وأقيم 31 مشروعا سكنيا وخدميا في الدول الأوروبية . وتم انجاز البيت الشمسي كمشروع بحث تطبيقي للتحويل الحراري للطاقة الشمسية في تكييف المباني في كل من الأردن والعراق والسعودية والكويت والجماهيرية الليبية ، وتم التوصل الى نسب متقدمة لاستعمال الطاقة الشمسية في تكييف المباني . وتم تعويض النسبة الباقية بالطاقة التقليدية في الفترات التي لاتتوفر فيها الطاقة الشمسية بصورة كافية في بعض أوقات السنة . وتم في لبنان وضع تصاميم منظومات الطاقة الشمسية الممكن استعمالها في المباني للتقليل من الاعتماد على الطاقة التقليدية وتوفير الجو الملائم . وتعدى ذلك ايضا الى الجمع بين مختلف مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في سبيل تأمين كمية الطاقة المطلوبة في تكييف المبنى وتشغيل الاجهزة والمعدات الخدمية دون الحاجة الى استعمال اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في كل ايام السنة كما في الشكل (5 . 11) . واقيمت مشاريع تجريبية في كل من امريكا واليابان وبريطانيا استعملت لاغراض البحث وتقييم الجدوى الاقتصادية .

5 . 4 . 7 . استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة المحمية

لقد جرت بحوث نظرية ومشاريع عملية في تطبيقات الزراعة المحمية التي تسمى البيوت الخضر او الصوبات الزراعية ، وقد أدت الى نتائج جيدة جدا في هذا المجال . وأدت الزراعة المحمية الى تطور الانتاج الزراعي والى تطور الصناعات البلاستيكية من أغطية وخيوط ومنظومات ري بالتنقيط وعبوات ووسائل تغليف وتسويق المحاصيل . وكذلك الى الصناعات التكميلية المرافقة .

وأصبحت المردودات الاقتصادية للزراعة المحمية تشكل أحدى الفعاليات الاقتصادية لمكونات الدخل القومي لبعض الدول في العالم وكذلك تأمين الحاجة الغذائية للدول في مضاعفة كمية الانتاج الزراعي وتحسين نوعيته . وقد أقيمت مشاريع ضخمة في هذا المجال وذلك لسهولة التركيب والاستعمال . واستثمرت مبالغ كثيرة في مشاريع الزراعة المحمية في كل من أمريكا واستراليا وكندا والدول الاوروبية وبالخصوص في أسبانيا ومن الدول العربية الرائدة في هذا المجال الأردن والعراق والسعودية والجزائر والجماهيرية الليبية . فقد انتشر استعمال الزراعة المحمية بصورة علمية في كل مناطق الأردن وبالأخص وادي غور الأردن . وحقق تقدم الأبحاث الجارية ووسائل تدفئة البيوت الخضر بمنظومات الطاقة الشمسية مردودات اقتصادية من ناحية الانتاج الزراعي ومعالجة الأمراض الناتجة وتعقيم التربة واستعمال منظومات الري بالتنقيط من ناحية أخرى . وأقيم في العراق والسعودية والجزائر والجماهيرية الليبية مشاريع لدراسة تحسين كفاءة الأغطية البلاستيكية وتكييف البيوت الخضر وتعقيم التربة وتحلية المياه للري ومعطيات الجدوى الاقتصادية ، ومن الجدير بالذكر ان استعمال الزراعة المحمية (الصوبات الزراعية) أصبح شائعا وفي متناول الفلاح والمزارع لسهولة الاستعمال والمردودات الاقتصادية الجيدة ، وهذا ما طبق واستعمل في دول عديدة في أنحاء العالم . ويقدم الفصل (7 . 6) شرحا مفصلا عن انواع ومواصفات واستعمالات البيوت الخضر .

5 . 4 . 8 . استخدام الطاقة الشمسية في معالجة مشاكل التربة الزراعية

رافقت عملية تعقيم ومعالجة مشاكل التربة الزراعية بالطاقة الشمسية التطور الحاصل في استعمال الزراعة التقليدية والزراعة المحمية على حد سواء وكذلك التطور الحاصل في صناعة الاغطية البلاستيكية . تعتبر طريقة تعقيم التربة بالطاقة الشمسية شائعة الاستعمال لدى الفلاحين والمزارعين . تستعمل الاغطية البلاستيكية في تغطية التربة بعد ان تضاف اليها بعض المواد العضوية وتحدد فيها نسبة الرطوبة . تترك معرضة لاشعة الشمس فترة كافية تعتمد على انواع مشاكل التربة . تجرى هذه العملية عادة قبل حلول موسم الزراعة بوقت كافي . شملت الابحاث والمشاريع التطبيقية تعقيم التربة والقضاء على الآفات والحشرات والديدان والامراض النباتية . جرت هذه الأبحاث والمشاريع في مراكز البحث المتخصصة في العلوم الزراعية بالتنسيق مع مراكز بحوث الطاقة الشمسية في كافة دول العالم المهتمة بالزراعة المحمية .

5 . 4 . 9 . استخدام الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية

لقد قامت بحوث ومشاريع وصناعات في مختلف أرجاء العالم لتجفيف المحاصيل الزراعية بطرق صناعية مستخدمة مختلف الوسائل التكنولوجية الحديثة . ولكن بقي هناك الطلب والحاجة الى استخدام الطرق الطبيعية لتجفيف بعض المحاصيل الزراعية لما لها من فوائد عديدة منها الحفاظ على القيمة الغذائية للمواد المراد تجفيفها والمحافظة على نظافة وجودة الفواكه والخضر بعد عملية التجفيف وتقديمها للاستعمال وهي محافظة على نظارتها الطبيعية في غير مواسمها الزراعية ، بالاضافة الى المردودات الاقتصادية الجيدة جدا وتحقق ذلك كله في الوقت الحاضر بواسطة التجفيف بالطاقة الشمسية .

وصف المجفف الشمسي

هناك تصاميم مختلفة للمجففات الشمسية تعتمد على نوع المحاصيل الزراعية المطلوب تجفيفها سواء كانت فواكه او خضروات او حبوب . وتوجد تصاميم صغيرة على مستوى انتاج غير تجاري او تصاميم كبيرة على مستوى انتاج تجاري . ويمكن وصف ابسط تصميم مجفف شمسي يستعمل في الانتاج العائلي الذي يتكون من مجمع شمسي هوائي مربوط مباشرة الى خزان محمول على قواعد حديدية كما في الشكل (5 . 12) . ويتكون المجمع الشمسي الهوائي من الاجزاء التي تم شرحها في الفصل (7 . 1) . يقوم المجمع الهوائي بتزويد الهواء الساخن الى الخزان الحاوي على المحاصيل الزراعية . ويمكن التحكم بدرجة حرارة الهواء الساخن بواسطة التحكم في كمية تدفق الهواء خلال المجمع الهوائي . ان درجة حرارة الهواء الساخن تعتمد كليا على نوع المحصول الزراعي . ويمكن الاسراع في عملية التجفيف عند تشغيل مروحة لدفع الهواء . ويحتوي الخزان على مجرات لتعبئتها بالفواكه والخضروات المراد تجفيفها . ويمكن بواسطة هذا التصميم استعمال الخزان في تجفيف الحبوب حيث يمكن ملؤه بالحبوب من الفتحة العليا وعند انتهاء عملية التجفيف يتم تفريغه من الفتحة السفلى . ويوضح الشكل (5 . 13) مجففا شمسيا لتجفيف المحاصيل الزراعية على مستوى الانتاج التجاري حيث يتكون من هيكل معدني او خشبي مغطى بالواح زجاجية وتوجد مجرات متعددة مثبتة على الجانبين يمكن ملؤها بالمنتجات الزراعية المطلوب تجفيفها . ويستعمل هذا المجفف في تجفيف الفواكه والخضروات . وهناك تصاميم اخرى متنوعة استعملت في مجالات البحث والتطبيق العملي للانتاج التجاري وغير التجاري . وفي أغلب دول العالم تجرى البحوث النظرية

للمشاريع الصناعية التطبيقية في مراكز البحوث الزراعية ومراكز بحوث الطاقة الشمسية ، ومن الدول العربية التي قطعت أشواطا متقدمة في هذا المجال هي العراق والاردن وتونس والجزائر والسعودية والسودان . وأتيم في الجماهيرية الليبية أيضا مشروع لتصميم وتصنيع مجفف شمسي باستخدام المواد الأولية المتوفرة محليا ودراسة الجدوى التقنية والاقتصادية عند استعمال هذا النوع في تجفيف الفواكه والخضروات .

5 . 4 . 10 . استخدام الطاقة الشمسية في الطبخ

لقد جرت محاولات عديدة لتطوير عملية استخدام الطاقة الشمسية في طبخ الطعام وجرت هذه المحاولات في عديد من مراكز البحوث وخاصة في المناطق الفقيرة جدا في شبه القارة الهندية ووسط أفريقيا .

وصف القدر الشمسي

يتكون القدر الشمسي المستعمل بصورة شائعة في شبه القارة الهندية من صندوق خشبي ذي غطاء متحرك ، وتوضع خلف هذا الغطاء مرآة تساعد على عكس اشعة الشمس الى داخل الصندوق . وهناك غطاء شفاف يغطي الفراغ الداخلي للصندوق الذي يوضع داخله قدر الطبخ . ويطلى الفراغ الداخلي للصندوق بصبغة سوداء داكنة غير لماعة وكذلك قدر الطبخ كما هو موضح في الشكل (5 . 14) . وتستغرق عملية الطبخ هناك من 2 – 2.30 ساعة تقريبا معتمدة على عوامل عديدة منها معدل شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الخارجي وسرعة الرياح . وهناك تصميم آخر لقدر الطبخ يستعمل احد انواع المركزات الشمسية ذات التركيز العالي حيث يوضع القدر في البورة لاستقبال الاشعة الشمسية المركزة عليه ، وهذا يساعد على تسريع عملية الطبخ بسبب الحصول على درجات حرارة عالية كما في الشكل (5 . 15) . تم استعمال تصاميم مختلفة من قدور الطبخ و لم يتم انتشار هذه التصاميم وذلك لبطء عملية الطبخ وقلة استهلاك الوقود المستخدم في عملية الطبخ ووجود خيارات متاحة للوقود البديل كالفحم والخشب وكذلك ارتفاع تكاليف صنع القدر الشمسي النسبية . وهذا لايمنع من التعرف على تجربيات البحوث الجارية في العالم في هذا المجال مستقبلا .

5 . 4 . 11 . إستخدام الطاقة الشمسية في الصناعات الكيميائية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية في الصناعات الكيميائية . والتفاعلات الكيميائية تنقسم من حيث الطاقة الى قسمين اساسيين هما (1) تفاعلات ماصة للحرارة و (2) تفاعلات باعثة للحرارة . ويمكن تعريف التفاعل الكيميائي بانه اعادة ترتيب ارتباط ذرات المركبات الداخلة في التفاعل لانتاج نواتج التفاعل . يصحب ذلك تغير في طاقة التفاعل .

اذا كان التفاعل باعثا للحرارة كما في احتراق الغاز الطبيعي في الاكسجين لانتاج غاز ثاني اكسيد الكربون والماء ، يمكن استخدام هذه الحرارة المتولدة في نطاق واسع لاغراض الطبخ والتدفئة وغير ذلك .

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{طاقة}$$

اما اذا كان التفاعل مصحوبا بامتصاص طاقة فانه يتطلب طاقة حرارية من مصدر خارجي لحدوثه . فالتأكسد الجزئي للغاز الطبيعي بواسطة بخار الماء الساخن ، لايتم مالم يسخن المزيج الى درجة حرارة (700 – 900) مئوية .

$$CH_4 + H_2O + \text{طاقة} \longrightarrow CO + 3H_2$$

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية مباشرة لاحداث مثل هذا التفاعل صناعيا حيث يمكن الحصول على درجة حرارة تفوق 1000 درجة مئوية . ولقد تم بالفعل تجريب الطاقة الشمسية حيث تم الحصول على كفاءة عالية في مركز بحوث الطاقة الشمسية باسبانيا .

كما ان هناك عدة صناعات كيميائية يمكن استخدام الطاقة الشمسية فيها ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ، تجزئة الغاز الطبيعي لانتاج غازات صناعية مثل غاز الهيدروجين وغاز اول اكسيد الكربون وكذلك صناعة الميثانول وصناعة غاز النشادر وغيرها .

ومن ناحية اخرى فان التفاعل الكيميائي الماص للحرارة اذا عكسنا اتجاهه فانه يصبح تفاعلا باعثا للحرارة . فتحلل الماء الى الاكسجين والهيدروجين تفاعل ماص للحرارة ولايحدث مالم يجهز بكمية كافية منها :

$$2H_2O + \text{طاقة} \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

ولكن احتراق الاكسجين والهيدروجين لتوليد الماء تفاعل باعث للحرارة بدليل استعماله في توليد شعلة ذات درجات حرارة عالية :

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + \text{طاقة}$$

كما يمكن استخدام الطاقة الشمسية لحماية البيئة حيث يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتكسير المركبات الهيدروكربونية واستخلاص المعادن الثقيلة من المخلفات البشرية والصناعية وكذلك التخلص من غاز ثاني اكسيد الكربون الضار بالبيئة الناتج من المصانع الكيميائية وذلك باستخدامه لانتاج الميثانول حسب التفاعل التالي :

$$CO_2 + 3H_2 \longrightarrow CH_3OH + H_2O$$

5 . 4 . 12 . استخدام الطاقة الشمسية في البرك الشمسية

استخدمت البرك الشمسية في تجميع وتخزين الطاقة الشمسية على هيئة حرارة محسوسة (Sensible Heat) في محلول ملحي قد تصل درجة حرارته الى 95 درجة مئوية في بعض الاوقات . وقد جرت بحوث علمية ومشاريع تطبيقية مختلفة لاستخدام الحرارة المخزونة في المحلول الملحي الساخن في اغراض متعددة كتوليد الكهرباء وتحلية المياه والتدفئة والتبريد وتجفيف المنتجات الزراعية وتدفئة البيوت المخضر (الصوبات الزراعية) وتعدين وتنقية الاملاح ... الخ . وتمتاز البرك الشمسية بالاضافة الى خاصية التخزين الفصلي بانها وحدة لتجميع الطاقة الشمسية اي انها تقوم بتجميع وتخزين الطاقة الشمسية في نفس المنظومة الامر الذي يجعلها ذات جدوى اقتصادية . وللبرك الشمسية عدة عيوب من اهمها انخفاض درجة حرارة التجميع ومساحات التجميع الشاسعة في حالة التطبيق على النطاق العملي ويرجع ذلك الى انخفاض شدة الاشعاع الشمسي . فمثلا اذا كانت شدة الاشعاع الشمسي في منطقة ما تقدر بـ 200 واط لكل متر مربع ، فستكون كمية الطاقة التي تجمعها البركة هي 20 واط لكل متر مربع اذا كانت كفاءة التجميع 10 ٪ . واذا كانت كفاءة التحويل 10 ٪ فان كمية الطاقة المستفاد منها والناتجة من عمليات التحويل هي 2 واط لكل متر مربع . ومن العيوب الاخرى للبرك الشمسية هي الكميات الضخمة من الاملاح التي تحتاج اليها . اذ تقدر الحاجة لبناء بركة بحوالي 0.30 طن املاح لكل متر مربع . هذا بالاضافة الى 50 جرام لكل متر مربع تتم اضافتها يوميا للبركة وذلك للمحافظة على استقرارها نتيجة للانتشار الطبيعي للاملاح

من التركيز العالي الى التركيز المنخفض وكذلك نتيجة للظروف الجوية الخارجية كالرياح وغيرها . هـذا يعني ان موقع البركة لابد ان يكون قريبا من مصدر وفير للاملاح كالبحر او سبخة لجعـل البركـة ذات جدوى اقتصادية عالية .

وصف البرك الشمسية

البرك الشمسية هي مجمعات شمسية على هيئة برك مياه مالحـة ذات الـتركيز المتغير للملوحـة . يزداد تركيز الاملاح داخل البركة مع العمق وذلك لتعويض عملية الطفـو الناتجـة مـن امتصـاص المياه للاشعة الشمسية . اي ان الزيادة في تركيز الاملاح ستوازن النقص في كثافة المياه نتيجة لارتفاع درجة حرارتها . ويوضح الشكل (5 . 16) مقطعا مبسطا لبركة شمسية متدرجة الملوحة . وقد قسم جسم البركة الى ثلاث طبقات رئيسية اثنتان يتم فيها نقل الحرارة بواسطة الحمل الحراري وبينهما طبقة ثالثة لايحدث بها الحمل الحراري . والفكرة الاساسية في تشغيل البرك هي المحافظة على تدرج سـريع لـتركيز الاملاح في الطبقة الوسطى للبركة ، حتى يمكن امتصاص قدر كبير من الاشعاع الشمسـي الواصـل الى قعر البركة حيث توجد اعلى كثافة للمحلول الملحي ومن ثم تخزين هذه الطاقة عـن طريـق رفـع درجـة حرارة الماء في الطبقة السفلى . ونظرا للتدرج السريع لتركيز الاملاح في الطبقة الوسـطى ، فانهـا تقـوم مقام عازل حراري للطبقة السفلى .

ان معظم الاشعة الشمسية الساقطة على سطح البركة تخترق السطح بمعدل يقـدر بحـوالي 98٪ في حالة الاشعة العمودية و 94٪ في حالة الاشعة الساقطة بزاوية سقوط 60 درجـة عـن الافـق . هنـاك عدة عوامل اخرى تؤثر في امتصاص الاشعة الشمسية بالبركة منها معامل الامتصاص الذي يعتمـد علـى الطول الموجي للاشعة الشمسية مثلا . ففي حالة الطـول الموجـي الاكـبر مـن 0.7 ميكرومـيـتر نجـد ان الاشعة الشمسية التي تصل الى عمق اكبر من 1 متر تقدر بحوالى 21 ٪ فقط . بينمـا نجـد ان 95 ٪ مـن الاشعة الشمسية يتم امتصاصها خلال هذا العمق في حالة الطول الموجي من 0.2 – 0.6 ميكروميـتر . يوضح الشكل (5 . 16) عمليات الانعكاس والامتصاص التي يتعرض لها الاشعاع الشمسي السـاقط على سطح البركة .

– تطبيقات البرك الشمسية

سنتطرق الى مجالات استخدام البرك الشمسية في عدة تطبيقات عملية اهمها :

أ – تحلية المياه

تعتبر تحلية مياه البحر والمياه الضاربة الملوحة (Brackish Water) من الطرق المستخدمة في عدة دول لتوفير المياه الصالحة للشرب . فالدول التي تعاني من نقص في مياه الشرب قامت بتركيب عدة محطات تحلية لانتاج ملايين الامتار المكعبة من مياه الشرب يوميا . من ضمن هذه الدول شبة الجزيرة العربية ودول الخليج العربي والجماهيرية الليبية واليابان والمكسيك والولايات المتحدة الامريكية . تحتاج عمليات التحلية الى مصدر طاقة ، فمحطات التحلية التي تعتمد على العمليات الحرارية مثل طرق التسخين والتقطير تحتاج الى حرارة تكون عادة في صورة بخار ماء يتم توليده في الغلاية . وفي هذه الحالة تستطيع البركة الشمسية توفير الحرارة المطلوبة بدل الغلاية .

وقد اثبتت دراسات سابقة ان درجة الحرارة المثلى لطبقة التخزين في حالة تحلية المياه هي 60 درجة مئوية . وانشأت محطات تحلية المياه بطريقة التبخير الوميضي المتعدد المراحل باستخدام البرك الشمسية كمصدر طاقة . وتقدر السعة الانتاجية اليومية لمثل هذه التقنية باستخدام البرك الشمسية بحوالي 10 الى 15 لتر لكل متر مربع من مساحة البركة .

ب – في مجال الزراعة

يمكن للبرك الشمسية ان تساهم ايضا في عدة تطبيقات في مجال الزراعة مثل تدفئة البيوت الخضر (الصوبات الزراعية) لمساعدة نمو النباتات في الفصول الباردة او تجفيف المحاصيل الزراعية في الفصول الاخرى . وكذلك يمكن استغلال هذه البرك كعامل مساعد لتسخين المياه اللازمة للغلايات الشمسية الخاصة بضخ المياه من الابار .

ج – في التدفئة

استخدمت الحرارة المكتسبة والمخزونة في البرك الشمسية في التدفئة المنزلية والتطبيقات الصناعية المختلفة . وقد استعملت البرك الشمسية ايضا في كل من الولايات المتحدة واستراليا وكندا في تزويد الماء الساخن المستخدم في تدفئة السكن الجماعي في المقاطعة الواحدة .

د – توليد الطاقة الكهربائية

ان انخفاض كفاءة التحويل من الطاقة الحرارية الى الطاقة الكهربائية الناتج من انخفاض درجة حرارة البركة الشمسية جعل توليد الطاقة الكهربائية باستخدام البرك الشمسية تطبيقا غير مرغوب فيه نسبيا . ومع ذلك فقد اثبتت عدة دراسات بان توليد الطاقة الكهربائية باستخدام البرك الشمسية يمكن ان يكون ذا جدوى اقتصادية عالية اذا كان توليد الكهرباء بالطرق التقليدية غاليا جدا وعند توفر مصدر رخيص للاملاح وتوفر مساحة الارض . ويوضح الشكل (5 . 17) رسما توضيحيا لمحطة توليد الكهرباء باستخدام البركة الشمسية كمصدر حراري للمحطة . ومن الاماكن التي يمكن استخدام البرك الشمسية فيها بصورة اقتصادية هي وسط استراليا وذلك لارتفاع تكاليف توليد الطاقة الكهربائية بتلك المناطق من العالم حيث يقدر بحوالى 1 دولار امريكي لكل كيلوواط ساعة في السنة 1989 . وفي جنوب الصين ايضا يمكن للبرك الشمسية المساهمة في توليد الكهرباء بصورة اقتصادية هذا بالاضافة الى انه يمكن استخدام البرك الشمسية كمصدر حرارة اثناء فترات الحمل القصوى خلال السنة .

تعتبر تقنية البرك الشمسية من التقنيات التي يمكن بواسطتها الحصول على الحرارة المطلوبة لمختلف التطبيقات ومن اهمها تحلية المياه والتدفئة وتوليد الكهرباء . هذا بالاضافة الى ان منظومات البرك الشمسية تعتبر من ارخص المنظومات الشمسية لكل مساحة تجميع وتخزين ومعرضة ايضا للتطوير في منظومات موسعة لمختلف الاغراض لتوفير جزء من الطاقة . ولغرض ادخال البرك الشمسية في حيز التطبيق على نطاق واسع لابد من تنفيذ نموذج اولي للبركة . وتتم دراسة الخصائص التشغيلية للبركة على هذا النموذج ، و دراسة العوامل المؤثرة على الاستقرار الطبيعي للبركة . ان احد اهم هذه العوامل هو تآكل الطبقة العديمة الحمل (الطبقة الوسطى) حيث ان النقص في سمك هذه الطبقة يؤثر تأثيرا مباشرا على الاداء الحراري للبركة . ان نقاوة مياه البركة هي الاخرى من اهم العوامل . فالنقص في نقاوة المياه يمكن ان يحدث نتيجة لنمو الكائنات الحية المجهرية والاجسام العالقة كالغبار وغيرها ، مما يسبب في نقص كبير في الكفاءة . هذا بالاضافة للعوامل الاخرى المؤثرة على الاداء الحراري للبركة مثل الفقد الحراري للارض وسرعة الرياح .

5 . 5 . التحويل الكهربائي للطاقة الشمسية (الخلايا الشمسية)

الخلايا الشمسية (Solar Cells) هي اجهزة الكترونية تعتمد في تقنيتها على اشباه الموصلات (Semi - Conductor) القادرة على تحويل الاشعاع الشمسي مباشرة الى طاقة كهربائية بتيار مستمر ، معتمدة في عملها على ظاهرة التأثير الفولتاضوئي . واول من لاحظ هذه الظاهرة هو العالم الفرنسي هنرى بيكرل سنة 1839 الذى لاحظ ان التيار الكهربائي المتولد من السائل الالكتروليتي يزداد بزيادة الاشعاع الضوئي الساقط على الخلية كما لاحظ ايضا ان الزيادة في التيار الكهربائي تعتمد على الطول الموجي للضوء الا ان اكتشاف هذه الظاهرة في الجوامد كان سنة 1876 بواسطة العالمين ادمز ودبي . وفي سنة 1941 تم تصنيع اول خلية شمسية من السيليكون ، وكانت هذه الخلية اول تركيبة قادرة على تحويل الاشعاع الشمسي الى تيار كهربائي مستمر بكفاءة معقولة . وتصنع الخلايا الشمسية من عناصر ومواد مختلفة الا ان المادة الاولية لصناعة الخلايا الشمسية التجارية هي عنصر السيليكون ، حيث ان السيليكا المادة الخام لهذا العنصر توجد بوفرة في القشرة الارضية علاوة على ان العلماء والباحثين قد تمكنوا من دراسة السيليكون دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية . ومنذ ذلك الوقت بدا الاستخدام الفعلي للخلايا الشمسية ، فكانت اولى المجالات التي استخدمت فيها هي الاقمار الصناعية والمركبات الفضائية ، ومع بداية السبعينات وظهور ازمة النفط ، قامت العديد من الشركات بانتاج خلايا شمسية للاستعمالات المختلفة والتي من شأنها ان احدثت تغيرات مهمة في مجالات تقنية التصنيع ويوضح الشكل (5 . 18) تركيبة الخلية الشمسية .

وتعتبر الخلايا الشمسية الان احد المصادر البديلة للطاقة التي تجد اهتماما متزايدا لاستعمالها بصورة واسعة في التطبيقات المختلفة للمساهمة في حل بعض مشاكل الطاقة والتلوث البيئي . وبفضل البحث والتطوير في مجال تصنيع الخلايا الشمسية تم تحسين كفاءتها وتخفيض اسعارها ولازال العمل مستمرا في تخفيض اسعارها لتصبح متداولة الاستعمال الموسع .

5 . 5 . 1 . انواع الخلايا الشمسية

يمكن تصنيف الخلايا الشمسية طبقا للمواد المستعملة كما يلي :-

أ – احادية التبلور

وهي تعتبر من اكثر البنيات البلورية انتظاما حيث تعالج مبدئيا باضافة شوائب النوع الموجب ثم تعالج حراريا عن طريق الانتشار الحراري لاضافة النوع السالب لتكوين الوصلة الثنائية . حيث تعتبر كفاءة هذا النوع الاعلى من بين الخلايا التجارية التي وصلت الى 15 بالمائة ، الا ان ارتفاع التقنيات المستخدمة جعل من استخدام هذا النوع من الخلايا اكثر كلفة ، ومع ذلك كله لازالت الجهود منصبة لتطوير تقنية التصنيع حتى تصبح الاسعار مناسبة .

ب – نصف متبلورة

وفي هذا النوع تكون البنية البلورية اقل انتظاما من النوع السابق ، ومراحل التصنيع مطابقة للمراحل السابقة الا ان الكفاءة المتوفرة الان تجاريا لاتتعدى 13 بالمائة ومن اهم الميزات لهذا النوع وجود الخلايا الشمسية على هيئة مربعات الامر الذي يرفع من كثافة التعبئة التي بدورها توفر المساحة المستغلة من استخدام هذه المنظومات .

ج – خلايا الافلام الرقيقة

وهي افلام يتم ترسيبها بعدة طرق وسمكها لا يتجاوز بعض الميكرونات ، اما كفاءة هذا النوع فقد وصلت الى 5 – 7 بالمائة ، والعامل المهم فيها يعود الى تكلفة انتاجها المنخفضة .

د – الخلايا عديدة الطبقات

ان فجوة الطاقة تحد من الكفاءة وللتغلب على هذه المشكلة توضع عدة طبقات من مواد مختلفة لكل منها فجوة طاقة مختلفة لانتاج خلايا مركبة ذات كفاءات عالية ، وبهذه الطريقة يمكن الوصول الى كفاءات تفوق 50 بالمائة . هذا وقد استخدمت تصميمات لتركيز اشعة الشمس على الخلايا ذات الكفاءة العالية مثل السيليكون احادي التبلور والجاليوم والزرنيخ ، وذلك لغرض زيادة كفاءتها . ونتج عن ذلك ارتفاع في درجة حرارة الخلية الذي اعتبر بدوره عائقا حيث ان الخلية الشمسية تنخفض كفاءتها عند ارتفاع درجة الحرارة وباستخدام تقنيات التبريد تمت الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة

عن استخدام المركزات الشمسية اضافة الى التيار الكهربائي الذي تولده الخلية في دورات مزدوجة ، ان استخدام مركزات مصنوعة من الزجاج والالمنيوم يقلل من الحاجة الى مادة اشباه الموصلات الثمينة .

5 . 5 . 2 . تقنية الخلايا الشمسية

ان الحديث السابق كان عن الانواع المختلفة للخلايا الشمسية وطبيعي جدا ان يكون هناك اختلاف في التقنيات المستخدمة لصناعة كل نوع ، فالوصلات الثنائية المتجانسة من السيليكون مثلا لها تقنية تختلف عن تلك المستخدمة في صناعة الوصلات الثنائية غير المتجانسة (المتعددة) .

ونظرا للاهمية التي يتميز بها السيليكون فهو اكثر انواع اشباه الموصلات المتشعبة لتصنيع الخلايا الشمسية ويستخدم بكميات كبيرة لحل بعض مشاكل الطاقة الحالية والمستقبلية وذلك لتوفره في الطبيعة بكميات هائلة ومعرفة كافة خواصه معرفة دقيقة . ويقدم الشكل (5 . 19) ملخصا لهذه التقنية .

5 . 5 . 3 . تطبيقات الخلايا الشمسية

يعد تطور المناطق النائية ضروريا في الدول النامية وذلك من اجل رفع مستوى معيشة السكان وتقليل معدل الهجرة الى المدن الكبيرة . ويتضمن هذا التطور تحسين الخدمات الاجتماعية وانشاء المدارس والمراكز الصحية والاتصالات وتوفير فرص العمل ، وذلك بتطوير تقنيات الزراعة والتركيز على الصناعات ذات العلاقة بالريف والزراعة والانتاج الحيواني وهذا الامر يستوجب سهولة الحصول على الطاقة الكهربائية وبذلك تكون الخلايا الشمسية هي احد البدائل الملائمة لمثل هذه التطبيقات . وكذلك تستخدم الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء لسد النقص في الطاقة ، كما في الشكل (5 . 20) .

وفي العالم العربي نجد ان ماتم تطبيقه في الجماهيرية العظمى مابين عام 1976 - 1994 يقدر باكثر من 700 كيلوواط في مجالات الاتصالات والحماية المهبطية وضخ المياه . وفي السعودية استخدمت 350 كيلوواط في مشاريع توليد الكهرباء للاستعمال المباشر . وكذلك توجد تطبيقات مشابهة في كل من قطر وتونس والجزائر والاردن والكويت بنسب متفاوته . واستخدمت بشكل واسع جدا في العراق وخاصة في السنوات الاخيرة في كافة التطبيقات الميدانية . واستخدمت ايضا في مجالات الاتصالات وتغذية وتقوية محطات الارسال الموجودة في المناطق النائية في كل من كولومبيا

والصين . وتحتل سويسرا الترتيب الثاني في العالم بالنسبة للطاقة الكهربائية المولدة من الخلايا الشمسية لكل فرد وعلى الرغم من محدودية معدل شدة الاشعاع الشمسي بها فهي تعمل على التخطيط لانتاج 230 ميجاواط كهرباء باستعمال الخلايا الشمسية عام 2000 . وكان لليابان دور فعال في انتاج واستعمال الخلايا الشمسية في مجالات تطبيقية مختلفة ، نذكر منها تحلية المياه والساعات والحاسبات والالعاب . ويبلغ انتاج اليابان مايقارب 9.5 ميجاوات سنويا . وانفردت اليابان باستخدام نوع جديد من الخلايا السيليكون اللابلوري المهدرج .

وفي العالم نجد ان انتاج الخلايا الشمسية سنة 1990 وصل الى 48 ميجاوات موزعة كالاتي :-

- حاسبات وساعات ومعدات اخرى 21.7 بالمائة
- منظومات الاتصالات وتقوية 20.7 بالمائة
- عوامات مائية وارشادية 9.3 بالمائة
- ضخ المياه 5.5 بالمائة
- تجارب ربط المنظومة بالشبكة 9.5 بالمائة
- انارة المساكن النائية 20.4 بالمائة

اما النسب الباقية فكانت تستعمل في مجالات اخرى متفرقة كما موضح في الشكل (5 . 21) . ويتوقع ان يصل انتاج الخلايا الشمسية في العالم 1840 ميجاواط سنة 2025 كما هو موضح في الشكل (5 . 22) . وقد انخفضت تكلفة التيار الكهربائي المنتج من الخلايا الشمسية التي تم تركيبها سنة 1990 (0.25) دولار امريكي لكل كيلوواط ساعة ويرجع هذا الانخفاض الى عدة اسباب منها :

- استعمال تقنيات اقل تكلفة لانتاج الواح الخلايا الشمسية
- تخفيض ثمن دعامات التركيب والتوصيلات
- استخدام منظومات بصرية لتركيز الاشعاع الشمسي على خلايا عالية الكفاءة .

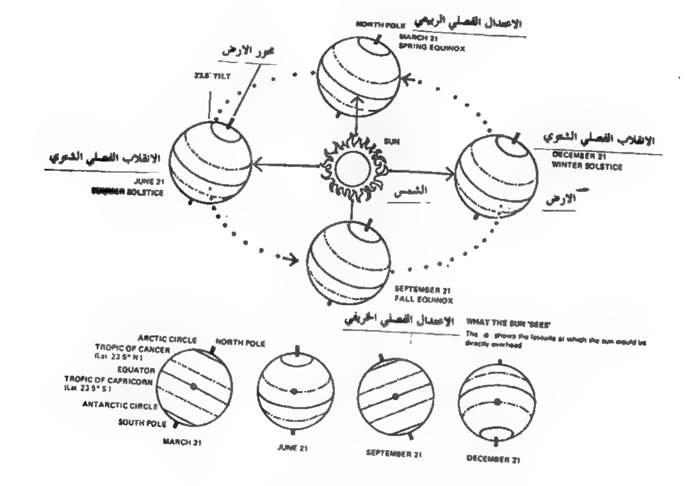
ويتوقع ان تنخفض تكلفة التيار الكهربائي المنتج من الخلايا الشمسية في المستقبل القريب نتيجة للتطور التقني المستمر على مراحل الانتاج الصناعي والطلب المتزايد عليها في السوق العالمية .

وتستخدم الخلايا الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية لاستخدامها في التطبيقات المختلفة في المباني ومنها على سبيل المثال في تشغيل منظومات انارة الطوارىء ومحطات السيطرة والمراقبة وانارة الشوارع الخارجية والساعات في الشوارع والساحات العامة ويمكن ايضا تجهيز الطاقة الكهربائية

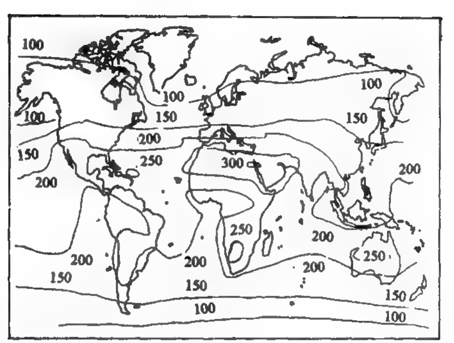
المتولدة من الخلايا الشمسية كليا الى المباني الواقعة في المناطق النائية وفي مواقع ادارات المشاريع الجديدة ، ويوضح الجدول (5 . 2) بعض تطبيقات استخدام الخلايا الشمسية في المباني .

جدول (5 . 2)   الكهرباء المنتج من الخلايا الشمسية المستعمل في المباني

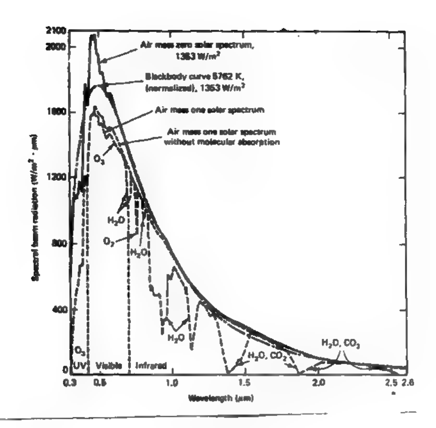
الدولة	الوصف
النمسا	تغذية جبل
فلندا	منظومات في المباني وحدات بحث وتطوير تهدف لبناء وتقييم منظومات (1 - 3) كيلوواط مع الشبكة العامة
المانيا	(مشروع الف سقف) 1500 منظومة متكاملة مع الشبكة (1990 - 1994) صدور قانون جديد يضمن اسعار الكهرباء المنتج عن طريق الخلايا الشمسية تباع بنفس ثمن الكهرباء المنتجة بالطرق التقليدية . مشروع برلين(أ) 1 ميجاواط تضمن انشاء منظومات موصلة بالشبكة العامة وصل بمجملهاالى 1 ميجاواط وتستعمل اعداد كبيرة من الانظمة المختلفة المستقلة .
ايطاليا	مشروع فنوستا تعتزم ايطاليا امتلاك 25 ميجاواط المنتج بالخلايا الشمسية . وهذا سوف يجعل ايطاليا اكبر دولة تستهلك الكهرباء المنتج من الخلايا الشمسية .
اليابان	(مشروع شروق الشمس) الذي يتضمن تمويل وحدات البحث والتطوير في مشاريع صغيرة واقتصادية .
سويسرا	(333 مسكنا) استعملت منظومات الخلايا الشمسية ذات قدرات 3 كيلوواط موصلة بالشبكة العامة وتباع بنفس اثمان التيار المولد بالطرق التقليدية .
تونس	برنامج الحكومة التونسية تزويد المدارس والمرافق التابعة لها بالطاقة الكهربائية المنتجة من الخلايا الشمسية .



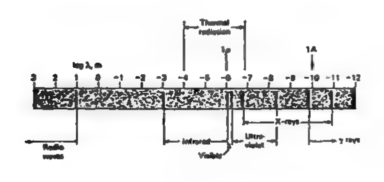
شكل (1 . 5) حركة الارض حول الشمس وحول نفسها



شكل (5 . 2) المتوسط السنوي للاشعاع الشمسي الساقط على سطوح افقية على سطح الارض (واط / متر مربع متوسط 24 ساعة)

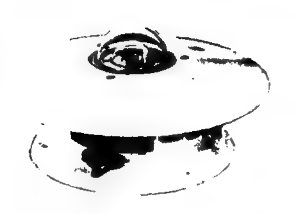


منحنى التوزيع الطيفي



تحليل الطيف الموجي

شكل (3 . 5) طيف الاشعاع الشمسي



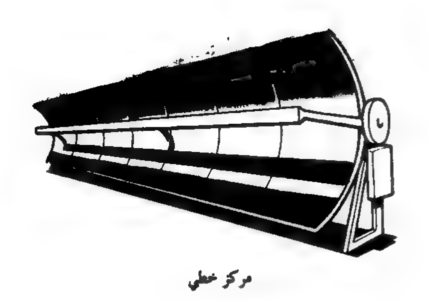
شكل (5 . 4) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر



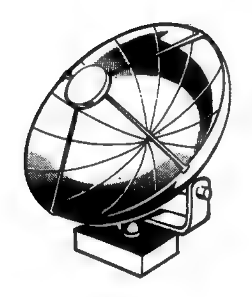
شكل (5 . 5) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي الكلي



شكل (5 . 6) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي المنتشر

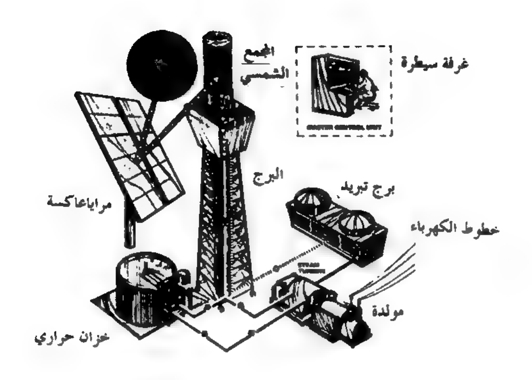


مركز خطي

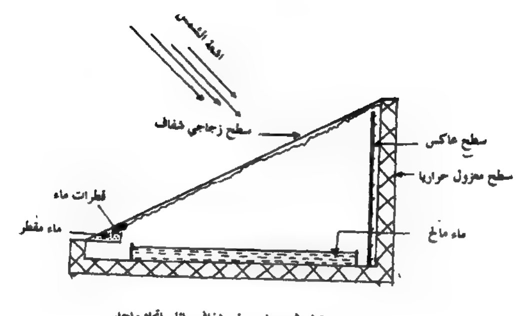


مركز نقطي

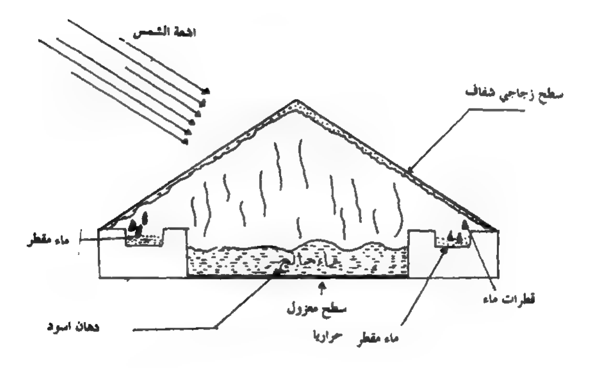
شكل (5 . 7) المركزات الشمسية



شكل (5 . 8) المحطة البرجية

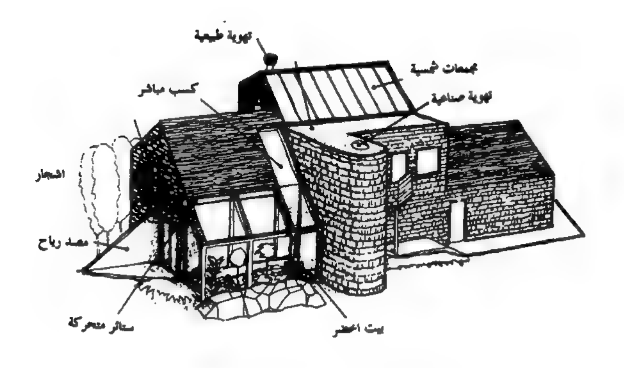


مقطر شمسي ذو سطح شفاف مائل باتجاه واحد

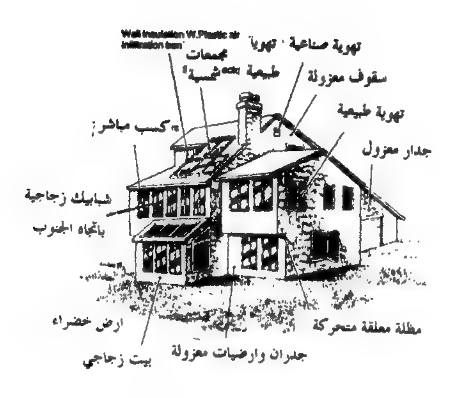


مقطر شمسي ذو سطحين شفافين مائلين باتجاهين

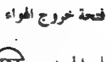
شكل (9 . 5) مقطرات شمسية

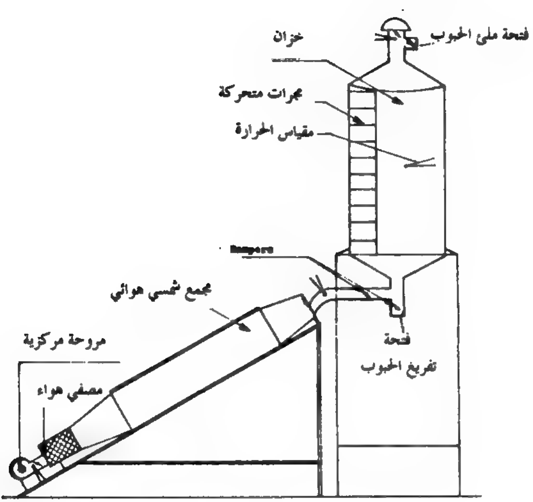


شكل (5 . 10) استعمال بعض منظومات الطاقة الشمسية في تكييف المبنى

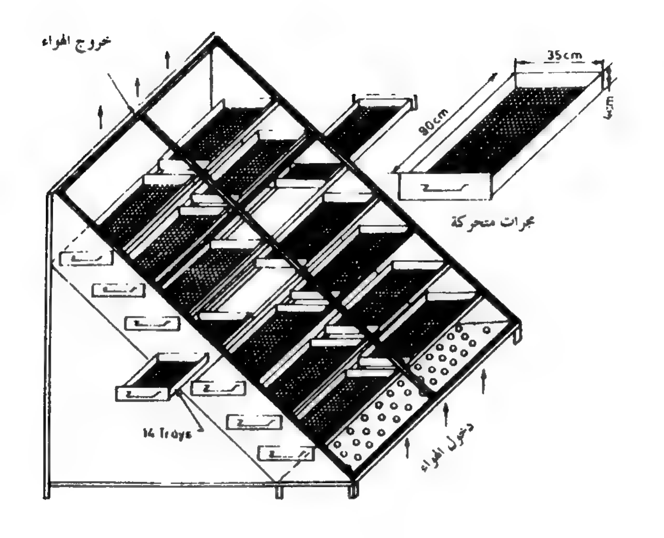


شكل (5 . 11) استعمال منظومات الطاقة الشمسية في تزويد الطاقة المطلوبة في المبنى





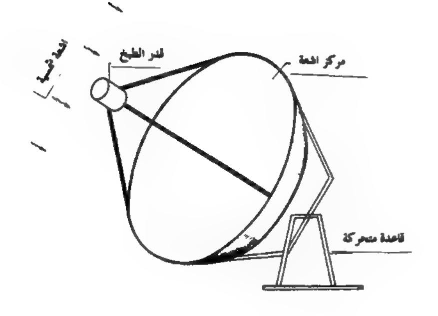
شكل (S .12) مجفف شمسي غير تجاري



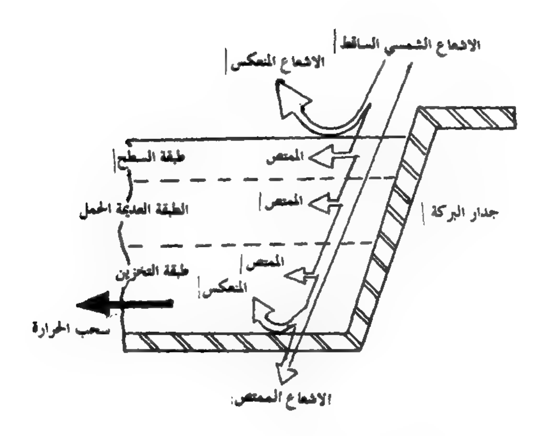
شكل (5 .13) مجفف شمسي تجاري



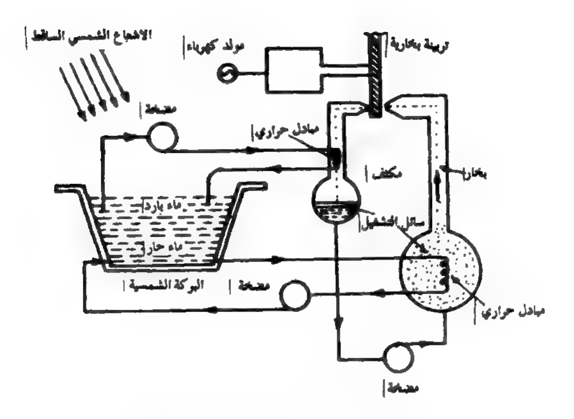
شكل (5 .14) قدر شمسي



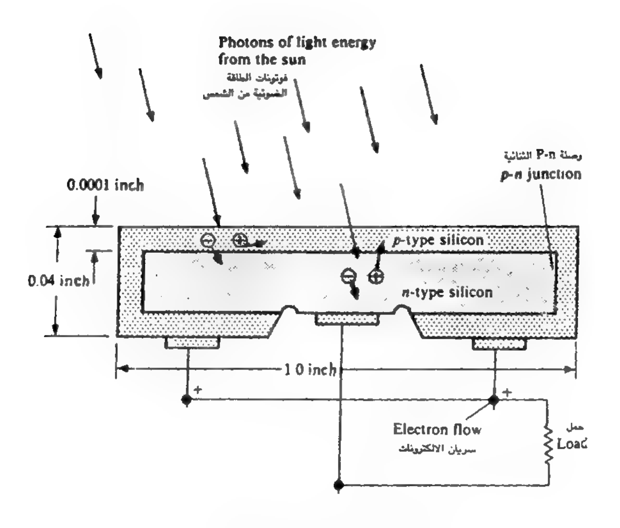
شكل (5 .15) قدر شمسي مع مركز اشعة شمسية



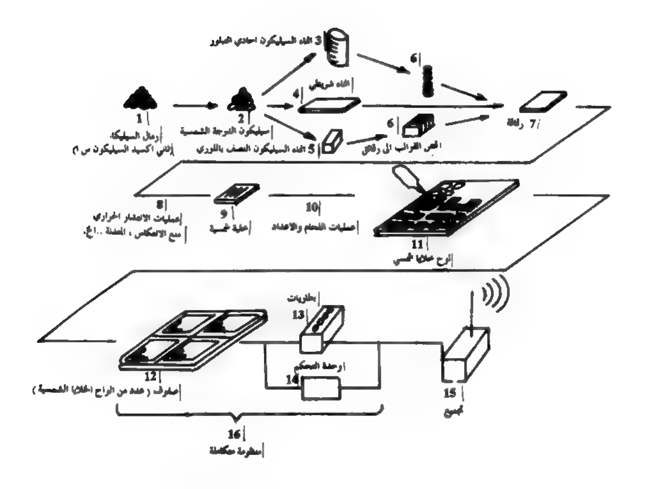
شكل (5 .16) مقطع في بركة شمسية
وسلوك الاشعاع الشمسي الساقط عليها



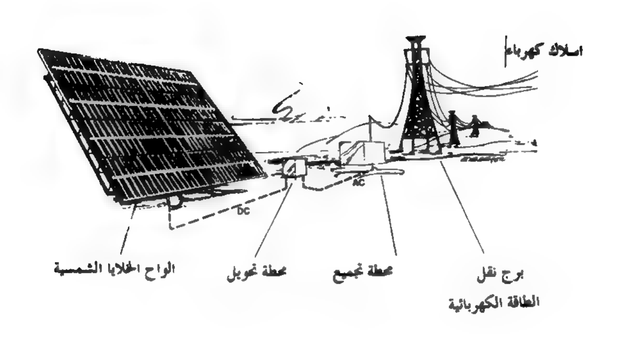
شكل (17. 5) محطة توليد الكهرباء باستخدام البركة الشمسية



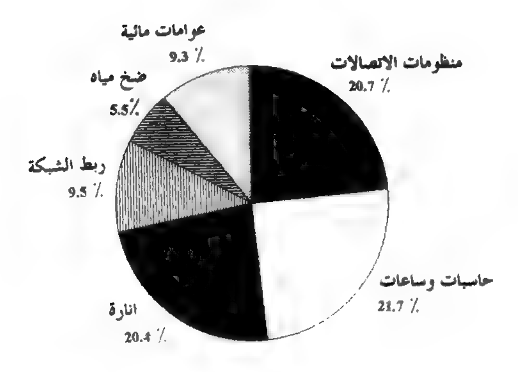
شكل (5 .18) تركيب الخلية الشمسية



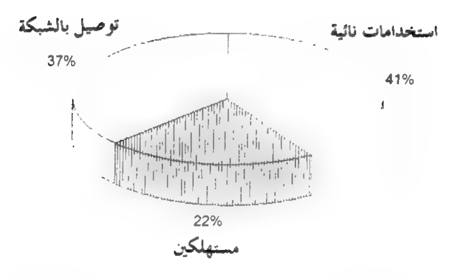
شكل (5 .19) التقنية المستخدمة في تصنيع الخلايا الشمسية



شكل (5 .20) محطة توليد الكهرباء بواسطة الخلايا الشمسية



شكل (5 .21) نسب استخدام الخلايا الشمسية في المجالات المختلفة



شكل (5 .22) النسب المتوقعة لانتاج الخلايا الشمسية في العالم لسنة 2025

الفصل السادس

استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الماء

لقد شاع استعمال منظومات تسخين المياه الشمسية لتزويد الماء الساخن بشكل واسع نتيجة لبساطة التقنية المستخدمة في مثل هذه المنظومات وكذلك لسهولة التركيب والتشغيل والصيانة. وقد ادى استعمال هذه المنظومات في اغلب ايام السنة ماعدا الايام الغائمة والباردة جدا ، الى مردودات اقتصادية جيدة نتيجة لعدم الحاجة الى استعمال مصادر طاقة مثل الكهرباء والنفط والغاز التي تستعمل عادة في تشغيل سخانات المياه التقليدية بالاضافة الى عدم احداثها مضارا جانبية .

وكما ذكرسابقا لقد شاع استعمال هذه المنظومات في مناطق عديدة من العالم حتى في المناطق التي لاتتوفر فيها معدلات كافية من الاشعاع الشمسي وتتميز بقصر ساعات سطوع الشمس ، في حين يتميز العالم العربي بمعدلات عالية من الاشعاع الشمسي وساعات سطوع شمس طويلة . وهذا يشجع على استعمال الطاقة الشمسية في مجال تسخين المياه للاغراض المنزلية على اقل تقدير وبشكل واسع في توفير الماء الساخن للصناعات الغذائية والوحدات الخدمية في المصانع والمجمعات السكنية وفي عمليات تدفئة البيوت الخضر (الصوبات الزراعية) .

سنتطرق فيما يلي الى انواع سخانات المياه التقليدية المستعملة في البيوت في الوقت الحاضر وكذلك سنستعرض تصاميم منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ثم نستعرض العلاقة التصميمية التي تربط بينهما لتحقيق الفائدة المنشودة .

6 . 1 . سخانات المياه التقليدية للاغراض المنزلية

يستعمل عادة في البيوت السكنية احد الانواع المتوفرة في السوق من اجهزة سخانات المياه المنزلية التي تشتغل بالطاقة الكهربائية . وفي الوقت الحاضر يتناقص بنسبة عالية استعمال السخانات النفطية والغازية في البيوت للمنافسة الشديدة من قبل السخانات الكهربائية لما تمتاز به من مواصفات فنية جيدة . وقد شاع استعمال السخان الكهربائي المنزلي الذى تتراوح سعته مابين 80 - 100لتر . وتوجد انواع اخرى من السخانات الكهربائية آنية التشغيل ذات سعات قليلة تستعمل عادة في الحمامات الصغيرة والمرافق الخدمية في المكاتب الخاصة محدودة الاستعمال . وتعددت اشكال وانواع

ومصادر صناعة هذه الاجهزة وعرفت في السوق المحلية بأسماء الشركات المصنعة والمسوقة . وقد احتكرت الشركات العالمية بعض الاسواق المحلية في تسويق انواع محددة من اجهزة السخانات المرغوبة . واصبحت هذه السخانات مألوفة التداول نتيجة الانتشار الواسع وتوفر الخبرة المحلية المطلوبة لعمليات التركيب والتشغيل والصيانة .

6 . 2 . منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية

توجد منظومات متعددة ومتنوعة لتسخين المياه يكون المجمع الشمسي من اهم اجزائها الرئيسية . وهو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية تنقل بواسطة سائل مثل الماء الى بقية اجزاء المنظومة للاستعمال المباشر وغير المباشر . وتختلف تصاميم منظومات التسخين الشمسية بسبب تنوع تصاميم المجمعات الشمسية المتعددة . يمكن تقسيم المنظومات الشمسية الى منظومات ذات سريان طبيعي (السالبة) ومنظومات ذات سريان قسري . والفرق بينهما هو عدم استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك المائع بين اجزاء المنظومة بل يعتمد على الحرارة التي يكتسبها المائع عند مروره في المجمع الشمسي حيث تساعد هذه الحرارة على تقليل كثافة المائع وتسبب في حركة المائع الطبيعية داخل المنظومة في حين يستعمل في المنظومة القسرية مصدر طاقة خارجي لتحريك المائع بداخلها . ويمكن القول بان درجة حرارة المائع المستحصلة وكفاءة الاداء في المنظومة الطبيعية اقل منها في المنظومة القسرية . وكذلك يمكن التحكم في مكان تركيب المجمع الشمسي واختيار موضع الخزان الحراري عند تركيب المنظومة القسرية في المبنى في حين لايمكن تحقيق ذلك في المنظومة الطبيعية . ويمكن ايضا تقسيم المجمعات الشمسية المختلفة الى مجمعات بدون تركيز للاشعة الشمسية وتكون هذه المجمعات ثابتة في الغالب والى مجمعات ذات نسبة تركيز قليلة وتكون ثابتة ايضا . والمجمعات ذات التركيز المتوسط تكون متحركة بمحور واحد والمجمعات ذات التركيز المتوسط والعالي تكون متحركة بمحورين لمتابعة حركة الشمس اثناء ساعات النهار . ويمكن تعريف تركيز الاشعة الشمسية وهو استقبال الاشعة الشمسية بمساحة واسعة من احد انواع المركزات البصرية والسطوح العاكسة وتركيزها بمساحة صغيرة وبدرجة حرارة عالية يتم استعمالها بصورة مباشرة او غير مباشرة . وكذلك تكون هذه المجمعات ذات تركيز وتجميع مباشر او غير مباشر . ويطلق عليها في بعض الاحيان التركيز بمرحلة واحدة او اكثر . وسنتطرق الى شرح بعض تصاميم وانواع المجمعات

الشمسية وتطبيقاتها المختلفة . ويوضح الشكل (6 . 1) تصنيفا عاما لاهم المجمعات الشمسية المستعملة في تطبيقات ذات درجات حرارة مختلفة .

فيما يلي وصف عام لانواع منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية التي يطلق عليها غالبا مظومة السخان الشمسي (او السخان الشمسي اختصارا) ، وشرح مكوناتها وتوضيح نظرية عملها والتقنية المستخدمة فيها .

لقد تعددت اشكال واحجام وتصاميم المنظومات المتوفرة في الاسواق ويمكن تقسيمها الى نوعين :

أ – منظومات تسخين الماء الطبيعية (الحمل الحراري الطبيعي ، السالبة)

ان ابسط تصميم للمكونات الرئيسية لمنظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي (التي تعرف بمنظومة السخان الشمسي) كما هو موضح في الشكل (6 . 2) وتتكون من الاجزاء التالية :

- مجمع شمسي مستوي
- خزان ماء معزول حراريا (خزان حراري)
- أنابيب ووصلات أنبوبية للربط بين الاجزاء
- أجهزة التحكم الميكانيكية أو الكهربائية

وتعتمد في ميكانكية عملها على الأختلاف في كثافة الماء الداخل والماء الخارج من المجمع الشمسي نتيجة لاكتساب الحرارة من أشعة الشمس الذي يودي الى عملية دوران طبيعية للماء بين المجمع الشمسي والخزان الحراري رافعا درجة حرارة الماء في الخزان تدريجيا دون الحاجة الى استعمال مصدر طاقة خارجي . كما يمكن الاستفادة من هذه المنظومات في الاوقات الغائمة والايام الباردة جدا وخلال ساعات الليل بأضافة شمعة تسخين كهربائية (مقاومة كهربائية) للخزان الحراري . وفي هذه الحالة يصبح الخزان الحراري كسخان كهربائي تقليدي لتوفير الماء الساخن . وتمتاز منظومة التسخين الشمسي المباشرة للماء بواسطة الحمل الحراري الطبيعي بسهولة التركيب والتشغيل والصيانة . كما يمكن استعمالها في جميع المناطق ويزيد من عائدية استعمالها في المناطق النائية التي لاتتوفر فيها مصادر الطاقة التقليدية . ومن مساوئ هذا النوع من المنظومات انها تحتاج الى فترة زمنية اطول لتوفير الماء الساخن بدرجات الحرارة المرغوبة من المنظومات الاخرى التي سوف يتم التطرق

اليها . يراعى عند تركيب المنظومة أن يكون المجمع الشمسي على أرتفاع محدد من الخزان الحراري لضمان عملها .

ب – منظومات تسخين الماء الموجبة (القسرية)

يوضح الشكل (6 . 3) اجزاء هذا النوع من المنظومات المتكونة من :

- **مجمع شمسي مستوي**
- **خزان الماء المعزول حراريا (خزان حراري)**
- **أنابيب ووصلات الربط بين الأجزاء**
- **مضخة لتدوير الماء**
- **أجهزة سيطرة ميكانيكية أو كهربائية**

يستعمل هذا النوع من المنظومات مضخة لتدوير الماء وتساعد على سريانه داخل أجزاء المنظومة لتسهيل عملية أنتقال الماء من المجمع الشمسي الى الخزان الحراري بفترة زمنية أقل من المدة التي تستغرقها منظومة الحمل الحراري الطبيعي للوصول الى نفس درجة حرارة الماء المطلوبة . وان استعمال هذه المضخة سوف يساعد في زيادة كفاءة المنظومة والتحكم في درجة حرارة الماء الساخن مع سرعة جريان الماء . كما تمتاز هذه المنظومة بحرية أختيار مكان تركيب المجمع الشمسي وموضع الخزان الحراري داخل المبنى . وتتطلب هذه المنظومات تركيب اجهزة تحكم حرارية ميكانيكية او كهربائية لغرض التحكم في درجات الحرارة وتشغيل مضخة الماء . ومن مساوءها انها تحتاج الى مراقبة عمل أجهزة التحكم ومضخة دوران الماء وأستعمال مصدر طاقة خارجي لتشغيل المضخة . ويمكن ايضا اضافة شمعة كهربائية (مقاومة كهربائية) للخزان الحراري لكي يعمل كسخان كهربائي تقليدي ، كما تم شرحه في اعلاه . ولغرض التغلب على المشاكل المتولدة من استعمال احد انواع منظومات تسخين المياه الشمسية التي تم شرحها سابقا في المناطق التي تشكو نسبة ملوحة عالية او في المناطق الباردة يستخدم مبادل حراري داخل الخزان الحراري ، ويعرف هذا النوع بمنظومة تسخين الماء غير المباشر ، كما هو موضح في الشكل (6 . 4) . وبهذه الوسيلة تتشكل دائرة مغلقة بين المبادل الحراري والمجمع الشمسي ويتم نقل الحرارة المجمعة في المجمع الشمسي بواسطة محلول ماء ومانع التجمد الى المبادل الحراري ومن خلاله يتم نقل الحرارة الى الماء الموجود في الخزان الحراري بعملية انتقال الحرارة بين الماء والمحلول الموجود داخل المبادل الحراري ضمن الدائرة المغلقة . وتكون

درجة حرارة الماء الناتجة منها اقل من درجة حرارة الماء الناتجة في المنظومات المباشرة نتيجة لكفاءة المبادل الحراري . ويمتاز هذا النوع من المنظومات بعمر تشغيل اطول للمجمع الشمسي والخزان الحراري مقارنة بالانواع الاخرى وبالتغلب على مشاكل تراكم الاملاح وحالات التجمد والغليان التي يمكن ان تتعرض لها المنظومة خلال فترة التشغيل في فصلي الشتاء والصيف . وتستعمل هذه المنظومات في المناطق التي تتوفر فيها مصادر طاقة كهربائية لتشغيل مضخة الماء في الدائرة المغلقة .

وفيما يلي شرح مفصل لطريقة عمل منظومة السخان الشمسي ومكوناتها وتركيبها ووصف مواصفاتها الرئيسية .

6 . 2 . 1 . المجمع الشمسي المستوي

ان المجمع الشمسي هو الجزء الذى يحول الطاقة الشمسية الساقطة عليه الى طاقة حرارية بواسطة اللوح الماص ، كما هو موضح في الشكل (6 . 5) . وتستعمل عادة نسبة محددة لتحديد العلاقة بين مساحة المجمع الشمسي وحجم الخزان الحراري . ويعتمد تحديد هذه النسبة على عوامل عديدة اهمها نوع المنظومة والموقع الجغرافي ودرجة حرارة الماء المطلوبة وشدة الاشعاع الشمسي وسرعة الرياح . ويمكن تقدير العلاقة بين 2.40 – 3.00 متر مربع من مساحة المجمع الشمسي لكل 150 – 180 لتر ماء من حجم الخزان الحراري . هذه العلاقة يصلح تطبيقها على المنظومات الشمسية لتسخين الماء المستعملة في مناطق الشرق الاوسط وشمال افريقيا . ويتكون المجمع الشمسي المبين في الشكل (6 . 6) من الاجزاء التالية :

أ – الهيكل الخارجي

يحتوى الهيكل الخارجي على العازل واللوح الماص ويثبت على سطحه العلوي اللوح الزجاجي الشفاف ، كما في الشكل (6 . 6) . ويصنع الهيكل الخارجي من مادة سهل التعامل معها اثناء التصنيع والتركيب من حيث المواصفات الميكانيكية والفيزيائية ، وتكون مقاومة للظروف الجوية من حيث الحرارة والصدأ ويفضل ان تكون من الصفيح المعدني المغلون او من الالمنيوم او من البلاستيك المقوى .

ب – العازل الحراري

يستخدم لعزل الهيكل الخارجي وجوانبه من الداخل ويوضع العازل بين قاعدة الهيكل واللوح الماص .كما يفضل ان يكون العازل من مادة رغوية اسفنجية او من الصوف الزجاجي المغطى من جهه واحدة بصفيحة ألمنيوم لماعة .

ج – اللوح الماص

تتم عملية امتصاص الاشعة الشمسية الساقطة مباشرة بواسطة اللوح الماص المتكون من لوحة معدنية مسطحة ذات اشكال هندسية متنوعة مدهونة بطلاء اسود داكن غير لماع في الغالب (او طلاء انتقائي) ويجري داخلها الماء الناقل للحرارة الى بقية مكونات السخان الشمسي ، كما هو موضح في الشكل (6 . 6) . ويصنع اللوح الماص من معدن (او مطاط) طبقا للمواصفات التالية :

1. قابلية عالية لامتصاص أشعة الشمس
2. قابلية عالية للتوصيل الحراري
3. سهولة التشكيل بالكبس واللحام
4. سعة حرارية جيدة
5. خفيف الوزن
6. مقاوم لدرجات الحرارة المختلفة وعدم تغيير خواصه الفيزيائية
7. قليل ترسيب املاح الماء والتأكسد
8. قابلية عالية لتقبل الطلاء المقاوم للحرارة او الطلاء الانتقائي
9. رخيص الثمن نسبيا

وفي مايلي اهم انواع الالواح الماصة المستعملة في منظومات السخانات الشمسية التقليدية :-

1 . اللوح الماص نوع الشطيرة :

يتكون من صفيحتين مكبوستين بشكل مضلع وملحومتين من الجوانب بواسطة لحام خطي وبعض النقاط في الوسط بواسطة لحام نقطي . ويجري الماء بين الصفيحتين في مسارات شبكة التضليع المتكونة بينهما كما في الشكل (6 . 7) . وهذا النوع من اللوح الماص هو اسهل الانواع صنعا واقلها كلفة .

2 . اللوح الماص ذو الانابيب المتعرجة :

يتكــون اللـــوح المـــاص المبـــين في الشـــكل (6 . 8) مـــن انبـــوب معدنـــــي بقطـــر (12 – 15 ملم) منحني بشكل متعرج (Zig Zag) ليكون الشبكة الانبوبية ثم لحمها الى صفيحة معدنية . وهذا يحتاج الى ألة لحام كبيرة ويتطلب بعض الدقة في عملية لحام الشبكة الانبوبيـة بالصفيحة المعدنية بعملية واحدة في درجات لحام عالية .

3 . اللوح الماص نوع شبكة انابيب ملحومة الى صفيحة معدنية :

يتكون من شبكة انابيب ذات ابعاد مربعة او مستطيلة بقياسات متناسبة بين الطـول والعرض ، ملحومة الى صفيحة معدنية كما في الشكل (6 . 9) وتتكون الشبكة من نوعين من الانـابيب ذات اقطار مختلفة بحيث يكون قطر الانبوبين العلوي والسفلي (20 – 25 ملم) ويطلق عليهمـا انـابيب التوصيل الرئيسية (المجمعات) ومجموعة الانابيب الوسطية بين الانبوبين العلوي والسفلي تكون عـادة اقل قطرا (12 – 15 ملم مثلا) وتدعى الانابيب الصاعدة . وبعد ان تقطـع الانـابيب الى القياسـات المطلوبة يثقب الانبوبان العلوي والسفلي ثم تشكل الشبكة باللحـام وتفحص . ومن ثـم تلحـم هـذه الشبكة بصورة مباشرة الى صفيحة معدنية بواسطة اللحام الحار .

4 . اللوح الماص نوع صف من انبوب ذي زعنفة :

يشبه تصميم هذا اللوح الماص تصميم اللـوح المـاص نـوع شبكة انـابيب ملحومـة الى صفيحة معدنية . ويتكون هذا اللوح من انابيب ذات اقطار مختلفة بحيث يكون قطر الانبوبين العلـوي والسفلي (20 – 25 ملم) ويطلق عليهما انابيب التوصيل الرئيسية (المجمعات) وتصنع مـن سبيكة النحـاس . ومجموعة من الانابيب الوسطية الطولية (الصاعدة) الملحومة بـين الانبوبين العلـوي والسـفلي وتصنـع ايضا من سبيكة نحـاس ذات قطـر (10 – 12 ملـم) . تخـترق كـل انبـوب وسـطي طـولي زعنفـة مـن الالمنيوم الرقيق ذي سطح انتقائي بواسطة الدفع البارد (او البثق) وعند لحام الانابيب الوسطية الطوليـة بالثقوب المحددة بالانبوبين العلوي والسفلي يشكل اللوح الماص بالقياس المطلوب ، كما هو موضـح في الشكل (6 . 10) . ويمكن ايضا لحـم نهايـات الانـابيب الوسطية الطولية (الصـاعدة) مـع بعضهـا لتكون دائرة مغلقـة متعرجـة يدخـل المـاء مـن جهـة ويخرج مـن الجهـة المعاكسـة لهـا كمـا جـاء شـرحه في اللـــوح المـــاص ذي الانـــابيب المتعرجـــة . ويوجـــد حـــد فـــاصل ضيـــق جـــدا

بين الزعانف المتجاورة او تكون متراكبة مع بعضها . وحقق هذا التصميم زيادة قليلة في كفاءة المجمع الشمسي مقارنة بالمجمعات الشمسية التي تستعمل الالواح الماصة الاخرى المذكورة سابقا . ويتطلب تصنيع هذا النوع من اللوح الماص مراحل اكثر من المراحل التي تتطلبها طرق انتاج الالواح الماصة الاخرى بالاضافة الى التكاليف الباهضة والدقة العالية في العمل .

د – الطلاء الانتقائي

يطلى اللوح الماص بمادة الطلاء التي تقوم بامتصاص اكثر كمية من موجات الاشعاع الشمسي الساقطة عليها وتحويلها الى حرارة بواسطة اللوح الماص . تكون مادة الطلاء من الصبغ الاسود (او الازرق في بعض المواد) الداكن غير اللماع ويتمتع بالمواصفات الفيزيائية التالية :

1. قابلية عالية للالتصاق بسطح اللوح الماص
2. قابلية عالية على امتصاص اكثر كمية من موجات الاشعاع الشمسي
3. قابلية عالية على انتقال الحرارة بدون تغير المواصفات الفيزيائية
4. مقاوم للظروف الجوية المتغيرة
5. لايتفاعل او يتأكسد مع اللوح الماص
6. سهولة الاستعمال
7. رخيص الثمن نسبيا

ويوضح الجدول (6 . 1) بعض المواصفات الفيزيائية لبعض انواع الطلاء المستعمل في المجمعات الشمسية . وتجرى ابحاث مكثفة للحصول على طلاء انتقائي له القابلية على امتصاص الاشعة الشمسية بكفاءة عالية .

هـ – السطح الشفاف

يتكون عادة من مادة شفافة كالزجاج النقي او البلاستيك ويفضل استخدام الزجاج لعدة اسباب منها قابليته العالية لنفاذ الاشعة وقلة امتصاصه لها وعدم التأثر بالظروف الجوية واختلاف درجات الحرارة وتوفره في الاسواق المحلية ، كما هو موضح في الشكل (6 . 6) .

6 . 2 . 2 . خزان الماء الحراري

يقوم خزان الماء المعزول حراريا بتزويد المجمع الشمسي بالماء ثم استقبال وخزن الماء المسخن القادم من المجمع الشمسي والمحافظة على درجات حرارة الماء المسخن الى فترات بعد غروب الشمس . يصنع خزان الماء عادة من مادة معدنية بشكل اسطواني معزول بالصوف الزجاجي ويغلف من الخارج بصفيح معدني رقيق كما موضح في الشكل (6 .11) . ويمكن اضافة شمعة تسخين (مقاومة كهربائية) تعمل بالطاقة الكهربائية كالتي تستعمل في السخانات المنزلية الكهربائية التقليدية وكذلك يمكن اضافة مبادل حراري داخل الخزان الحراري لتشكيل دائرة مغلقة لخدمة عملية التسخين غير المباشرة للماء .

6 . 2 . 3 . الانابيب والوصلات

هي مجموعة من الانابيب والتوصيلات التي تربط بين مكونات منظومة السخان الشمسي وتصنع اما من معدن مغلون او من بلاستيك مقوى كما يمكن استعمال الانابيب والوصلات المستخدمة في مد شبكات الماء في المباني (قطر نصف بوصة حديد مغلون) في الربط لقلة تكاليفها ، مقارنة بانابيب ووصلات النحاس وسهولة استعمالها وسرعة تركيبها وتوفر الايدي العاملة . ولا يفضل استعمال انابيب وتوصيلات بلاستيكية وذلك لعدم قابليتها في الغالب على تحمل فروق درجات حرارة واسعة وعدم مقاومتها للظروف الجوية وقصر عمرها .

6 . 2 . 4 . مضخة ماء

تستعمل مضخة ماء ذات قدرة كافية لها فتحتان لدخول وخروج الماء مناسبتان لقياس انابيب ووصلات الربط المستعملة في ربط مكونات منظومة تسخين الماء المستعملة في المباني للاغراض المنزلية . وفي حالة اختيار تصميم خاص لمنظومة تسخين الماء يلائم طبيعة مبنى ما ، يتم حساب قدرة مضخة الماء الكافية للتغلب على مقاومة قوة احتكاك الماء مع الانابيب في مجموع اطوال شبكة توزيع الماء المستعملة في التصميم .

6 . 2 . 5 . اجهزة التحكم الميكانيكية اوالكهربائية

تستعمل اجهزة التحكم الميكانيكية مثل الحساسات الحرارية (Thermostats) او الكهربائية مثل مجسات حرارية كهربائية (Sensors) للتحكم في اختيار وتوزيع درجات الحرارة في اجزاء المنظومة . وتؤدي الى زيادة الكفاءة والاستعمال الامثل لمنظومة السخان الشمسي . ولا تختلف هذه الاجهزة من حيث عملها عن الاجهزة التقليدية المستعملة عادة في مكيفات الهواء ومنظومات التكييف المركزية وسخانات المياه التقليدية . ومن هذه الاجهزة على سبيل المثال صمامات التحكم واجهزة قياس درجات الحرارة وضبط جريان الماء والعوامات وصمامات تنفيس الهواء ...الخ .

6 . 3 . العوامل المؤثرة على كفاءة منظومة السخان الشمسي

تتأثر كفاءة منظومة تسخين الماء الشمسية بالأداء الحراري لأجزاء المنظومة ويمكن الحديث عن العوامل المؤثرة على أداء كل جزء على حده :

- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للمجمع الشمسي وسوف نتناولها بالتفصيل لاحقا .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للخزان الحراري حيث ان الفقد الحراري عن طريق التسرب الحاصل بسبب رداءة العازل الحراري المغلف لحوض الخزان الحراري ويؤدي الى تدني كفاءة منظومة السخان الشمسي .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري لأنابيب الربط بين أجزاء منظومة السخان الشمسي حيث أن عدم استعمال مادة حرارية عازلة من نوعية جيدة بالاضافة الى المبالغة في استعمال أطوال أنابيب زائدة يؤدي الى زيادة في الفقد الحراري من الأنابيب مما يضيف عاملا آخر الى العوامل التي ذكرت في تدني كفاءة منظومة السخان الشمسي الكلية .

وكما ذكرنا سوف تتم دراسة العوامل التي تؤثر في كفاءة المجمع الشمسي الذي يعتبر الجزء الأساسي في منظومة السخان الشمسي . وتعد كفاءة المجمع الشمسي عنصرا أساسيا يدخل في تحديد كفاءة منظومة السخان الشمسي ككل . ويعتبر الفقد الحراري من بقية اجزاء المنظومة عنصرا ثانويا يؤخذ بعين الأعتبار عند تقييم المنظومة .

6 . 4 . الأداء الحراري للمجمع الشمسي المستوي

ولغرض دراسة كفاءة الأداء الحراري للمجمع الشمسي يجب التعرف أولا على العوامل المؤثرة على مسار اشعة الشمس الساقطة على المجمع الشمسي . إن جزءا كبيرا من أشعة الشمس يتم فقده نتيجة تأثير ذرات الغبار والماء ومكونات الهواء الغازية على امتصاص وانعكاس أشعة الشمس في الغلاف الجوي . وعند سقوط أشعة الشمس فإن جزءا منها ينعكس الى الخارج معتمدا على زاوية سقوط الأشعة على سطح المجمع الشمسي ، وجزءا آخر منها يمتص في السطح الشفاف والجزء المتبقي ينفذ الى داخل الحيز بين السطح الشفاف واللوح الماص من ثم يسقط على اللوح الماص ويتم امتصاص جزء كبير منه في اللوح الماص . وتحدث سلسلة من عمليات انعكاس للأشعة بين اللوح الماص والسطح الشفاف وقسم منها يفقد الى الخارج ، كما هو موضح في الشكل (6 . 12) وهذا هو احد الأسباب التي تؤخذ بعين الأعتبار عند حساب كفاءة أداء المجمع الشمسي .

6 . 5 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي المستوي

ان اهم العوامل التي تؤثر على كفاءة المجمع الشمسي مايلي :

- الظروف الجوية المحيطة
- الموقع الجغرافي
- مواصفات السطح الشفاف
- مواصفات وتصميم اللوح الماص
- مواصفات الطلاء الأنتقائي
- مواصفات العزل الحراري
- درجة حرارة الماء الداخل للمجمع الشمسي
- سرعة سريان الماء في المجمع الشمسي
- زاوية ميل المجمع الشمسي

ويمكن تعريف كفاءة المجمع الشمسي بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{\text{الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجمع الشمسي}}{\text{كمية الأشعاع الشمسي الساقطة عليه}} \qquad (1.6)$$

ويمكن حساب الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجمع الشمسي بالمعادلة التالية :

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L(T_{f,i} - T_a)] \qquad .... (2 . 6)$$

حيث إن :

A_c مساحة المجمع الشمسي (m^2)

S شدة الأشعاع الشمسي الساقط (W / m^2) . وتقاس شدة الأشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي عادة بواسطة أحد أجهزة قياس شدة الأشعاع الشمسي وبنفس زاوية ميل المجمع الشمسي .

U_L معامل الفقد الحراري الكلي ($W / m^2 . {}^oC$)

$$U_L = U_t + U_b + U_e \qquad .... \qquad (3 . 6)$$

حيث أن :

U_t معامل الفقد الحراري العلوي ($W / m^2 . {}^oC$)

U_b معامل الفقد الحراري الخلفي ($W / m^2 . {}^oC$)

U_e معامل الفقد الحراري خلال الجوانب ($W / m^2 . {}^oC$)

$T_{f,i}$ درجة حرارة الماء الداخل للمجمع الشمسي (${}^oC$)

T_a درجة حرارة المحيط الخارجي (${}^oC$)

F_R عامل انتزاع الحرارة

$$F_R = \frac{\overset{o}{m}\, C_p(T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c[S - U_L(T_{f,i} - T_a)]} \qquad ....(4 . 6)$$

حيث إن :

$\overset{o}{m}$ مقدار سريان الماء (kg / s)

C_p الحرارة النوعية للماء تحت ضغط ثابت ($kJ / kg . {}^oC$)

$T_{f,o}$ درجة حرارة الماء الخارج من المجمع الشمسي (${}^oC$)

ويعطي الشكل (6 . 13) العلاقات الرياضية لبعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الماء .

6 . 6 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجمع الشمسي المستوي

في ادناه العوامل المطلوب قياسها موقعيا لغرض حساب كفاءة المجمع الشمسي المستوي :

- درجة حرارة الهواء الخارجي
- سرعة الرياح المؤثرة على المجمع الشمسي
- الموقع الجغرافي
- زاوية ميلان المجمع الشمسي
- معدل الأشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي
- معدل ساعات سطوع الشمس
- درجة حرارة الماء الداخل للمجمع والخارج منه
- معدل سريان الماء في المجمع الشمسي
- أبعاد ومواصفات أجزاء المجمع الشمسي

والمتغيرات المطلوب حسابها لتقدير كفاءة المجمع الشمسي المستوي هي :

- معدل الأشعاع الشمسي
- معامل الفقد الحراري العلوي U_t والخلفي U_b ومن الجوانب U_e والكلي U_L .
- معامل كفاءة المجمع F'
- عامل انتزاع الحرارة F_R
- عامل سريان الماء F''

يمكن حساب معامل كفاءة المجمع الشمسي المائي من علاقات رياضية تختلف حسب تصميم اللوح الماص في المجمعات الشمسية المائية ، كما هو ظاهر في الشكل(6 . 13) ويمكن ايجاد عامل سريان الماء (F'') من الشكل (6 . 14) والعلاقة التالية :

$$F'' = F_R / F' \qquad \text{......................................} \qquad (5.6)$$

حيث أن :

F_R معامل إنتزاع الحرارة كما جاء في المعادلة (6 . 4)

F معامـــــل كفـــاءة المجمع الشمسي . يقدم الشكل (6. 13) بعض تصاميم المجمعات الشمسيـــــة لتسخين الماء والمعادلات الرياضية لحساب الفقد الحراري الكلي ومعامل كفاءة المجمع الشمسي .

وهنــاك معادلات رياضيـــة لحســـاب كفـاءة الأداء التقريبية . ويوضـــح الشـكلان (6. 14) و (6. 15) منحنيـــات تساعد على الحصول على كفاءة المجمع الشمسي من المتغيرات الاساسية الداخلة في تصميم وحساب كفاءة المجمع .

ومما تقدم يمكن الأستنتـــاج ان أهم العوامل التي يجب أن تدرس وتحسب عند إجراء تقييم او مفاضلـــة بين منظومات تسخين المـاء الشمسية المختلفة التي تستعمل أحد تصاميم المجمعات الشمسية المستوية والتي لا تحتـوي على أي شكل من أشكال تركيز الأشعة الشمسية الساقطة عليها :

أولا : مواصفات المجمع الشمسي :

1- مساحة المجمع الشمسي (متر مربع)
2- تصميم اللوح الماص
3- معدن اللوح الماص
4- نوع الطلاء الأنتقائي
5- سعة إحتواء الماء
6- عامل كفاءة المجمع الشمسي F'
7- عامل سريان الماء F"
8- كفاءة الزعانف (F) عندما يكون اللوح الماص من نوع صفيحة معدنية
9- مواصفات مادة السطح الشفاف
10- مواصفات مادة إحكام الغلق للسطح الشفاف
11- مواصفات إطار السطح الشفاف
12- مواصفات هيكل المجمع الشمسي
13- مواصفات العازل الحراري
14- وزن المجمع الشمسي
15- خواص التشغيل الرئيسية

ومن الجدير بالذكر إن المجمعات الشمسية المائية المستوية ذات الكفاءة العالية تتمتع بما يلي :

1- قيمة عالية لمعامل الإنتزاع الحراري F_R

2- قيمة عالية لمعامل سريان الماء F''

3- قيمة عالية لمعامل كفاية المجمع F'

4- معدل منخفض لمعامل الفقد الحراري الكلي U_L

5- سعة عالية لإحتواء الماء

6- سهولة الإستعمال والصيانة

7- خفة الوزن

8- استعمال اجزاء ذات مواصفات عالية

9- إعتماد العلاقة البيانية القياسية بين كفاءة الأداء و $(T_{f,i} - T_a)/S$ أخذين بعين الإعتبار الموقع الجغرافي وسرعة الرياح في المنطقة وبواسطتها يمكن مقارنة كفاءة السخان الشمسي المطلوب تقييمه كما في الشكل(6 . 17) .

توجد مختبرات في المراكز البحثية والشركات المتخصصة تقوم بعمليات الفحص وتقييم الاداء واصدار شهادة كفاءة المجمعات الشمسية بموجب المواصفات العالمية . يوضح الشكل (6 . 18) مختبرا متخصصا باعمال الفحص والتقييم .

ثانيا : مواصفات خزان الماء الحراري

1- سعة الخزان

2- مواصفات هيكل خزان الماء الحراري

3- مواصفات العازل الحراري

4- مواصفات تغليف خزان الماء الحراري

ثالثا : مواصفات أنابيب الربط بين الأجزاء والتوصيلات

1 - مواصفات مادة الأنابيب والتوصيلات

2 - مواصفات مادة العازل الحراري

3 - مواصفات مادة التغليف

رابعا : مواصفات أجهزة السيطرة الميكانيكية والكهربائية

خامسا: مواصفات مضخة تدوير الماء المستعملة في المنظومة الموجبة (القسرية)

سادسا: الوزن الكلي للمنظومة

سابعا : عواص التشغيل الرئيسية

ثامنا : سهولة الإستعمال والصيانة

تاسعا : ضمانـــا لعمر تشغيلي على مدى 10 سنوات كحد أدنى و 15 سنة كحد أقصى ، ومما زاد على ذلك فإنه يشارك في رفع الجدوى الإقتصادية للمنظومة .

6 . 7 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الماء الشمسية

سنذكـــر الان اهـــم العوامـل التي تؤخذ بعين الاعتبار عند تركيب منظومة تســخين المـاء الشمسية المتكاملة كمـــا في الشكـــل (6 . 2) او المجمع الشمســي المربـوط بالسـخان الكهربـائي المنزلي كما في الشكل (6 . 19) وهي :

6 . 7 . 1 . الموقع الجغرافي لتركيب المنظومة

تركيب منظومات السخانات الشمسـية المتكاملة بمكان يواجه الاتجاه الجنوبي بزاويـة ميـل عـن المستوي الافقي مساوية لدرجة خط العرض للموقع الجغرافي للحصول على اقصى طاقـة شمسية مجمعة على مدار السنة دون الحاجـة الى تحريـك المجمعـات الشمسية باتجـاه حركـة الشـمس خـلال سـاعات النهار . ونتيجة لارتفـاع الشمس في فصل الصيف وانخفاضها في فصل الشتاء يلجـأ الى تقليـل او زيـادة زاوية الميل مع الافق بمقدار 15 درجة على التوالي للحصول على اكبر كمية من الاشعاع المجمعـة . ان طبيعة تصاميم المنظومات الشمسية والمعدلات العالية للاشعاع الشمسي الساقط في عموم الوطن العربي تؤديان الى عدم ضرورة تغيير هذه الزاوية صيفا او شتاءا . ولو اخذنـا مثـالا توضيحيـا علـى ذلـك فـان زاوية تركيب المجمعات الشمسية في مدينة طرابلس الغرب مساوية للموقع الجغرافي لخـط العـرض البـالغ 32.68 درجة مع المستوي الافقي وباتجاه مقابل الى الجنوب . لابـد مـن الاشـارة الى المسـاحة المطلوبـة لاستيعاب تركيب منظومة السخان الشمسي . ولو فرضنا ان سعة الخزان الحراري للمنظومـة 150 لـتر ماء فيعني هذا ان المساحة التقريبية للمجمع الشمسي تعادل 2.40 مـترا مربعـا . ويمكـن تقديـر المسـاحة الكافيـــة لاســـتيعاب مكونـــات منظومـــة الســـخان الشمســـي مـــع القـــاعدة الحديديـــة بمقـــدار 2.50 × 2.50 مـــتر اخذيـــن بنظـــر الاعتبـــار توفير مساحة كافية لسهولة الوصول لاجزاء المنظومة .

6 . 7 . 2 . تأثير الظل

يجب اختيار مكان تركيب السخان الشمسي في موقع معرض لاستقبال اشعة الشمس المباشرة خلال ساعات النهار وعلى مدار السنة . ان الظل يحجب اشعة الشمس مما يؤدى الى عدم الفائدة المرجوة من السخان الشمسي . لذا يجب دراسة الموقع جيدا بحيث يكون معرضا بصورة مباشرة للاشعة الشمسية الساقطة عليه دون التأثر بالظلال المتولدة بسبب المباني والاشجار العالية .

6 . 7 . 3 . تأثير هبوب الرياح

ان هبوب الرياح المستمر على سطح المجمع الشمسي يؤدي الى زيادة الفقد الحراري وبالتالي تدني كفاءة الاداء الحراري الكلي للمنظومة . ولهذا يدرس المكان المخصص للتركيب بحيث لايتعرض للتيارات الباردة ، وفي حالة وجود مثل هذه التيارات يقام احد انواع مصدات الرياح المناسبة بمسافة محددة في مكان تركيب المنظومة بحيث لايولد ظلا على سطح المجمع الشمسي .

6 . 7 . 4 . سهولة الوصول للمنظومة

بالاضـــــافة الى العوامل الرئيسية المهمة التي تم التطرق اليها اعلاه فأن من الضروري اختيار مكان تركيب المنظومة في مساحة كافية للقيام باعمال الصيانة والتنظيف ومراقبة الاداء اذا لزم الامر .

6 . 7 . 5 . سهولة توصيل الماء البارد من المصدر

يراعى عند اختيار مكان تركيب المنظومة امكانية توصيل الماء البارد من خزان الماء العلوي في المبنى بواسطة انبوب ماء معدني مقاوم للصدأ .

6 . 7 . 6 . القرب من نقاط استخدام الماء الساخن

يراعى عند اختيار مكان تركيب المنظومة قربها من نقاط تزويد الماء الساخن للاستعمالات المختلفة لغرض تقصير اطوال الانابيب المستعملة وتقليل تكاليف عزلها بعازل حراري جيد مقاوم للظروف الجوية لتقليل كمية الفقد الحراري من الماء الساخن المار بها . ولكن هناك بعض المحددات التي لاتسمح بذلك مما يضطر الى تركيب المنظومة في المكان المتوفر لذلك يحتاج الى انابيب معدنية وعازل حراري في هذه الحالة . والسائد عموما ان مكان تركيب المنظومة يكون في سطوح المباني .

6 . 7 . 7 . العوامل المساعدة

نذكر بعض العوامل الرئيسية التي تساعد في زيادة اداء منظومة السخان الشمسي ومنها مايلي:

1 . المراقبة المستمرة

2 . نظافة السطح الشفاف للمجمع الشمسي

3 . المحافظة على العازل الحراري لانابيب الماء الساخن

4 . الصيانة الدورية عند الحاجة

عند تركيب واستعمال السخان الشمسي لابد من مراقبة ادائه كما يحدث عند استعمال اي جهاز خدمي منزلي . ان المراقبة المستمرة ضرورية عند استعمال السخان الشمسي للوقوف على تشخيص اي خلل قد يظهر في اي جزء من مكونات السخان الشمسي سواءا كان ذلك من جراء تاثير الظروف الجوية او عوامل خارجية وبالتالي معالجة الخلل في الوقت المناسب باقل تكاليف . ان لنظافة السطح الشفاف للمجمع الشمسي تأثيرا مباشرا وحساسا على كفاءة اداء السخان الشمسي فوجود ذرات الغبار والاتربة ...الخ يساعد على عدم نفاذية اشعة الشمس الساقطة عليه وبالتالي تدني كفاءة الاداء . ولا تحتاج منظومات السخانات الشمسية الى تغيير قطع غيار او قطع تستهلك اثناء التشغيل ولكن الشيء الوحيد الذي يتطلب الصيانة هو حدوث نضوح في انابيب الماء او تشقق العازل الحراري لانابيب الماء الساخن من جراء تأثير العوامل الجوية .

ونستنتج مما تقدم بان تعرض منظومة السخان الشمسي المتكاملة او المجمع الشمسي لاشعة الشمس المباشرة وتحديد زاوية الميل المتجهة نحو الجنوب من الامور الدقيقة التي يجب مراعاتها بدقة . اما بقية العوامل التي تم الحديث عنها سابقا فيمكن معالجتها بأحدى الطرق الملائمة لغرض زيادة كفاءة اداء المنظومة . ان كافة العوامل التي شرحت وذكرت معالجاتها لاتحتاج الى تقنية متخصصة او مصاريف اضافية تذكر لغرض تنفيذها .

ولابد من الاشارة الى ان العوامل التي نوقشت في اعلاه يتم اعتمادها في كافة المنظومات الشمسية ذات السطوح المصممة لتجميع الاشعة الشمسية الساقطة عليها . ونذكر منها على سبيل المثال توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الشمسية عند تعرض سطوحها للاشعة الشمسية المباشرة .

6 . 8 . ربط السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

توجد عدة طرق وتصاميم لربط السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي وسوف نتطرق الى ابرز الطرق الشائعة الاستعمال وهي :-

6 . 8 . 1 . ربط المجمع الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

يتم ربط المجمع الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي التقليدي عن طريق ربط مصدر الماء من الخزان العلوي في البيت الى نقطة دخول الماء الى المجمع الشمسي وربط نقطة الخروج من المجمع الشمسي الى نقطة دخول الماء الى السخان الكهربائي المنزلي . وبهذه الطريقة يمكن الاستغناء عن الخزان الحراري وبعض الاجهزة المساعدة وتقصير طول الانابيب الموصلة ، وفي الايام المشمسة والغائمة جزئيا يتم تزويد الماء الساخن بدرجة حرارة اعلى من درجة حرارة الماء القادم من المصدر . ان استعمال المجمع الشمسي كما هو موضح في الشكل (6 . 19) سوف يقلل الحمل الحراري على السخان الكهربائي ويقلل ايضا الطاقة الكهربائية المستهلكة . وهذه الطريقة شائعة الاستعمال في البيوت والعمارات الخدمية والسكنية المختلفة .

6 . 8 . 2 . ربط منظومة السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

يفضل البعض استعمال احد انواع منظومات السخان الشمسي التي تم التطرق اليها سابقا بجانب السخان الكهربائي المنزلي ، وتعمل كل منظومة مستقلة عن المنظومة الاخرى ، وفي تصاميم اخرى يمكن تركيب توصيلات انابيب لعمل ربط مباشر بين المنظومتين حيث يمكن بواسطة هذا الربط استغلال منظومة السخان الشمسي اطول فترة تشغيل ممكنة خلال ايام السنة واللجوء الى السخان الكهربائي المنزلي عند الحاجة الى درجات حرارة ماء عالية في بعض الايام الغائمة والباردة جدا في السنة كما هو موضح في الشكل (6 . 20) .

6 . 8 . 3 . استعمال المنظومة الشمسية المتكاملة لتجهيز الماء الحار

توجد منظومات مصممة خصيصا للدمج بين منظومتي السخان الشمسي والسخان الكهربائي المنزلي ، ويمكن تركيب احد انواع هذه المنظومات في المبنى وتحقيق الاستفادة القصوى من الطاقة

الشمسية في توفير الماء الحار في جميع ايام السنة واستعمال الكهرباء عند الحاجة للتعويض عن عدم كفاية الطاقة الشمسية في بعض الايام كما اسلفنا سابقا . وبالرغم من ارتفاع تكاليف هذه المنظومات ألا انها تتميز بكفاءة تشغيل عالية ودقة متناهية في استغلال الطاقة الشمسية بأستعمال اجهزة التحكم الذاتية وبعض الاجهزة المساعدة بالاضافة الى المكونات الرئيسية الموضحة في الشكل (6 .21) . ولازال التقدم التقني مستمرا في سبيل التوصل الى تصنيع منظومات تسخين ماء شمسية متكاملة تعمل بكفاءة عالية باسعار منافسة لمنظومات تسخين الماء التقليدية .

6 . 9. مساوئ ومميزات استعمال السخان الشمسي

بالحقيقة لايمكن ان نطلق كلمة مساوئ على السخان الشمسي بقدر ماهي بالواقع طبيعة عمل السخان الشمسي ، الذي يعمل عند توفر معدل كاف من شدة الاشعاع الشمسي . وعند عدم توفر الاشعاع الشمسي في الايام الغائمة والباردة جدا يعني عدم فاعلية السخان الشمسي في تلك الاوقات مما لا يستطيع اكتساب طاقة حرارية كافية لتجهيز الماء الحار للاستعمال المنزلي . وقد عولجت هذه الحالة باستعمال مصدر طاقة كهربائي في تسخين الماء .

وربما يتعرض السخان الشمسي الى حالات الغليان او الانجماد في اوقات نادرة جدا معتمدة على الظروف الجوية ونوع المنظومة المستعملة . وتوجد طرق تقنية متعددة لمعالجة مثل هذه الحالات . ويمكن اختيار نوع المنظومة الملائمة مع ظروف الموقع الجغرافي وتوفر الطاقة الكهربائية للتغلب على مثل هذه الحالات وكذلك معالجة مشاكل ملوحة الماء .

ومن المميزات الرئيسية التي يمتاز بها السخان الشمسي هي :-

1 . عدم حاجته الى خبرة فنية متخصصة وصيانة وقطع غيار

2 . عدم حاجته الى مصدر طاقة خارجي في حالة استعمال احدى منظومات تسخين الماء الطبيعية . والحاجة الى مصدر طاقة خارجي في تحريك الماء وتشغيل المقاومة الكهربائية عند استعمال احدى انواع منظومات تسخين الماء القسرية .

3 . يمكن تركيبه واستعماله في مختلف المباني .

4 . يمكن تركيبه واستعماله في المناطق النائية .

5 . يساهم مساهمة فعالة في توفير الماء الحار للاستعمال المنزلي والصناعي وترشيد استهلاك الطاقة وتقليل مسببات تلوث البيئة .

6 . ان استعمال وتصنيع هذه المنظومات سيضيف خبرة تقنية للمجتمع وايجاد فرص عمل جديدة .

جدول (6 . 1) المواصفات الفيزيائية لبعض انواع الطلاء والمواد

طلاء انتقائي

Surface	α	ε
"Nickel Black" on galvanized iron	0.81	0.16-0.18
"Cu Black" on Cu, by treating Cu with solution of NaOH and $NaClO_2$	0.89	0.17
Ebanol C on Cu; commercial Cu-blackening treatment giving coatings largely CuO	0.90	0.16
Black-chrome plated on Ni plated steel	0.95	0.09
CuO on Al; by spraying dilute $Cu(NO_3)_2$ solution on hot Al plate and baking	0.93	0.11
CuO on Ni; made by electrode deposition of Cu and subsequent oxidation	0.81	0.17
Al_2O_3—Mo—Al_2O_3—Mo—Al_2O_3Mo—Al_2O_3 interference layers on Mo (ε measured at 500°F)	0.91	0.085
PbS crystals on Al	0.89	0.20
"Nickel Black," two layers on electroplated Ni on mild steel (α and ε after 6-hr immersion in boiling water)	0.94	0.07

المواصفات الفيزيائية لبعض انواع المواد

Material		Emittance/Temperature, K	Absorptance[b]
Aluminum, pure	H[a]	$\frac{0.102}{573}, \frac{0.130}{773}, \frac{0.113}{873}$	0.09–0.10
Aluminum, Anodized	H	$\frac{0.842}{296}, \frac{0.720}{484}, \frac{0.669}{574}$	0.12–0.16
Aluminum with SiO_2 Coating	H	$\frac{0.366}{263}, \frac{0.384}{293}, \frac{0.378}{324}$	0.11
Carbon Black in Acrylic Binder	H	$\frac{0.83}{278}$	0.94
Chromium	N	$\frac{0.290}{722}, \frac{0.355}{905}, \frac{0.435}{1072}$	0.415
Copper, polished	H	$\frac{0.041}{338}, \frac{0.036}{463}, \frac{0.039}{803}$	0.35
Gold	H	$\frac{0.025}{275}, \frac{0.040}{468}, \frac{0.048}{668}$	0.20–0.23
Iron	H	$\frac{0.071}{199}, \frac{0.110}{468}, \frac{0.175}{668}$	0.44
Lampblack in Epoxy	N	$\frac{0.89}{298}$	0.96
Magnesium Oxide	H	$\frac{0.73}{380}, \frac{0.68}{491}, \frac{0.53}{755}$	0.14
Nickel	H	$\frac{0.10}{310}, \frac{0.10}{468}, \frac{0.12}{668}$	0.36–0.43
Paint			
Parsons Black	H	$\frac{0.981}{240}, \frac{0.981}{462}$	0.98
Acrylic White	H	$\frac{0.90}{298}$	0.26
White (ZnO)	H	$\frac{0.929}{295}, \frac{0.926}{478}, \frac{0.889}{646}$	0.12–0.18



اشعاع شمسي خارج الغلاف الجوي المحيط بالكرة الارضية

اشعاع مبعثر

يتعرض الاشعاع الى عمليات امتصاص
والكسار بسبب مكونات الغلاف الغازي
(ذرات الماء والغبار والغيوم والغازات ..الخ .)

يستعمل في المجمعات الشمسية
غير المركزة

اشعاع مباشر

يستعمل في كل المجمعات الشمسية

مجمعات غير متحركة
بدون تركيز

انواع المجمعات
- مجمعات شمسية مستوية
- مجمعات ذات خلايا النحل
- مجمعات انبوبية مفرغة

مجمعات غير متحركة
تركيز منخفض

انواع المجمعات

1

مجمعات ذات حركة
غير مباشرة
تركيز عالي

انواع المجمعات

مجمعات المرايا العاكسة
تركيز مرحليين

2

مجمعات متحركة
تركيز متوسط وعالي

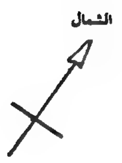
انواع المجمعات
- مجمعات ذات عدسات فرينيل المركزة
- مجمعات ذات المركز الثابت واللوح الماص المتحرك
- مجمعات اسطوانية ذات القطع المكافئ
- مجمعات ذات عاكسات فرينيل
- مجمعات طولية ذات القطع المكافئ
- مجمعات المرايا العاكسة (المحطة البرجية)

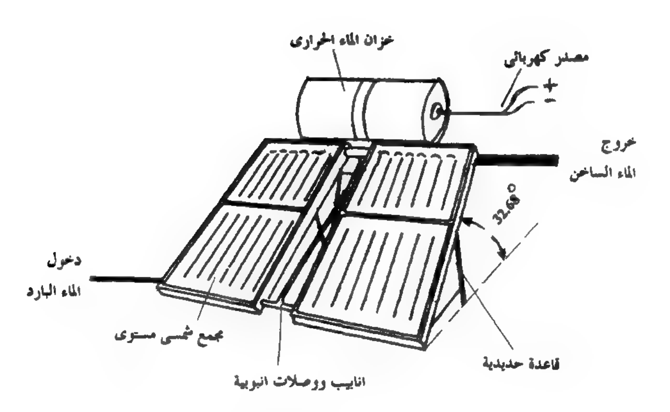
3



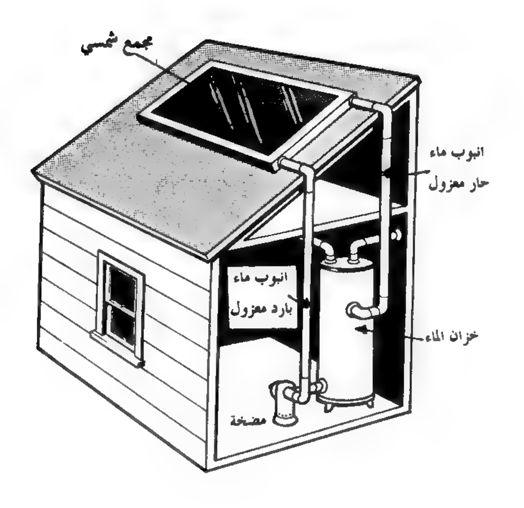
هناك مجمعات شمسية اخرى ذات تصاميم منفردة تعامل بصورة خاصة حسب طريقة الاستعمال

شكل (6 . 1) تصنيف عام لاهم المجمعات الشمسية

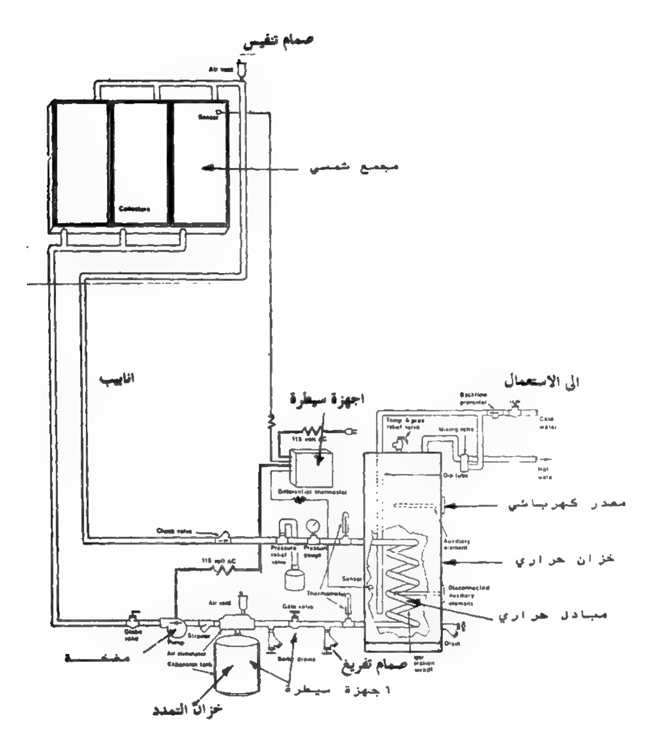




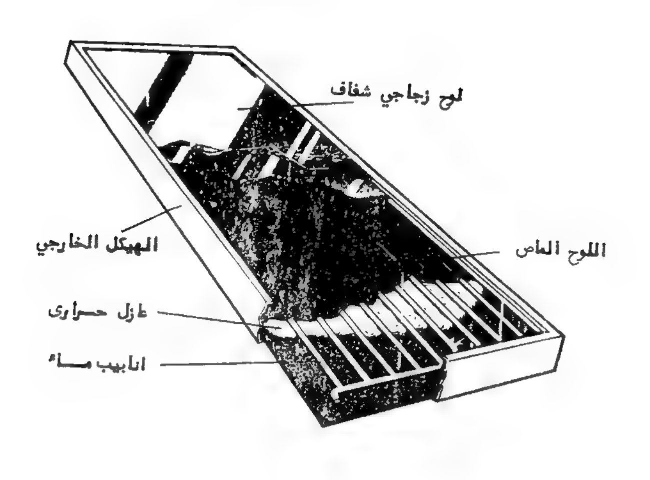
شكل (6 . 2) منظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة
بواسطة الحمل الحراري الطبيعي



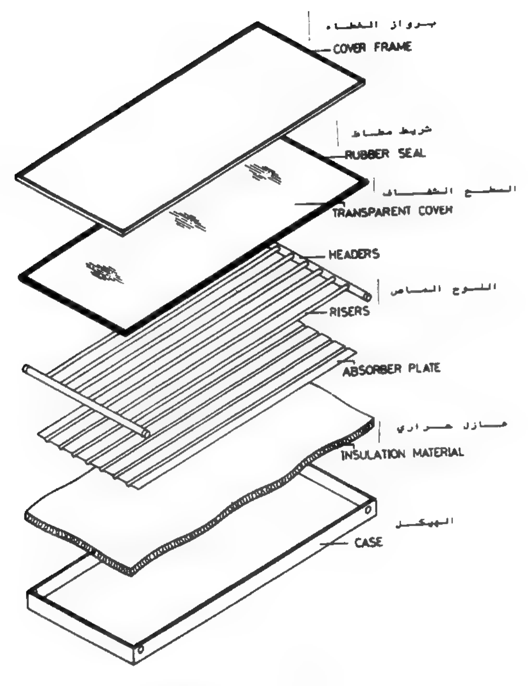
شكل (6 . 3) منظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة القسرية



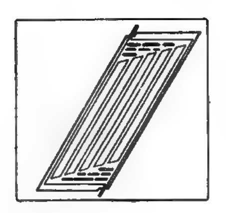
شكل (6 . 4) منظومة تسخين الماء الشمسية غير المباشرة القسرية



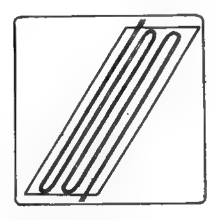
شكل (5 . 6) مجمع شمسي



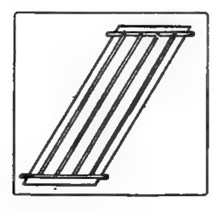
شكل (6 . 6) اجزاء المجمع الشمسي المستوي



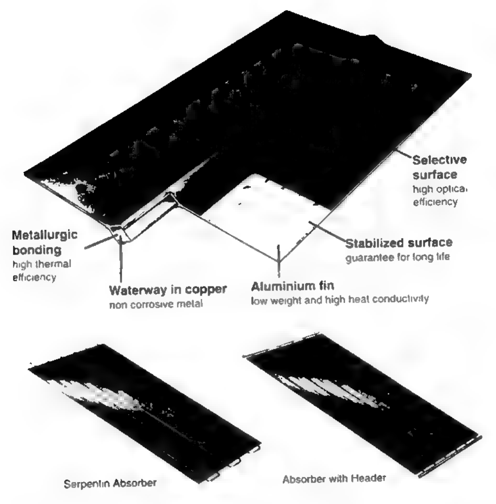
شكل (6 . 7) اللوح الماص نوع الشطيرة (سندويج)



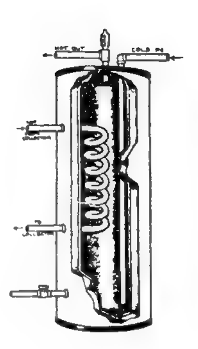
شكل (6 . 8) اللوح الماص نوع انبوب معوج
بشكل (Zig Zag)
ملحوم الى صفيحة معدنية



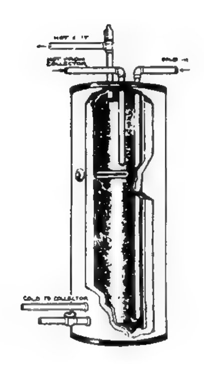
شكل (6 . 9) اللوح الماص نوع شبكة ملحومة الى صفيحة معدنية



شكل (6 . 10) اللوح الماص نوع صف من انبوب ذي زعنفة (TeknoTerm)

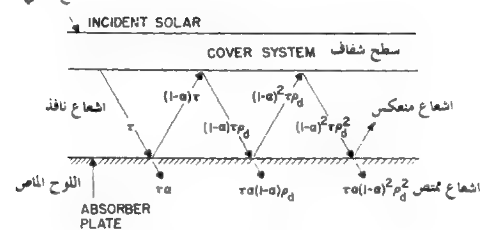


خزان ماء لمنظومة التسخين
غير المباشرة
بواسطة مبادل حراري

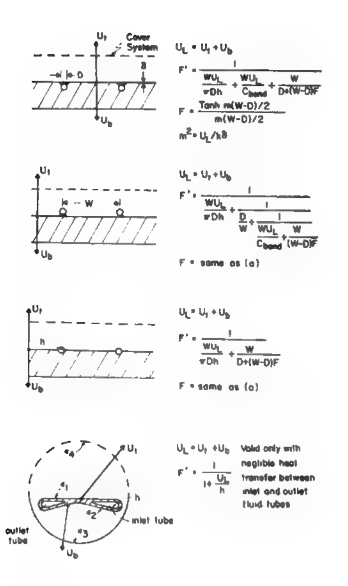


خزان الماء في منظومة
التسخين المباشرة

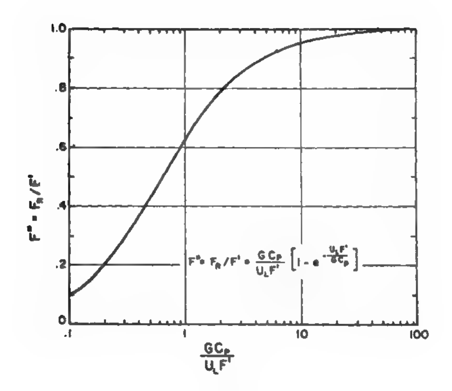
شكل (6 . 11) خزان الماء الحراري



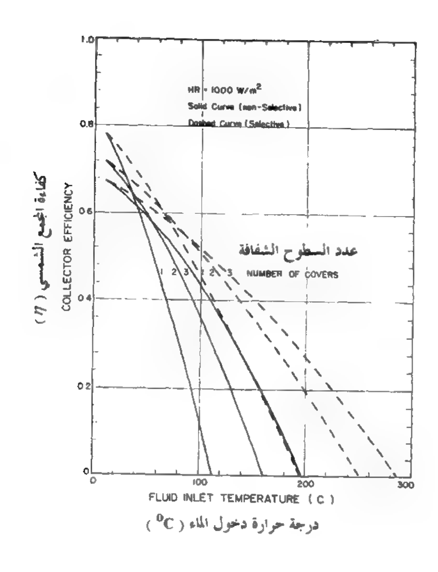
شكل (6 . 12) عملية امتصاص الاشعاع الشمسي في المجمع



شكل (6 . 13) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الماء



شكل (6 . 14) العلاقة بين معامل سريان الماء و GC_p/U_LF'



شكل (6 . 15) كفاءة المجمع الشمسي

عندما تكون شدة الاشعاع الشمسي 1000 (W/m^2) وبالمواصفات التالية :

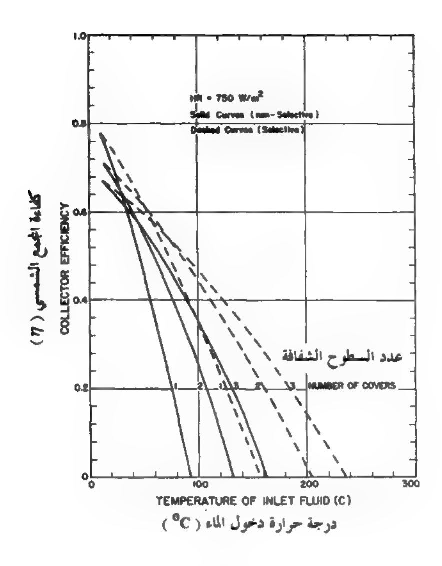
$F' = 0.95$. $F_R = 0.90$. Tilt angle = 45^{O} . Wind speed = 5 m/s . $T_a = 10\ ^{0}C$. Tsky = $10\ ^{0}C$

ε_p = **0.95 (non selective)** , ε_p = **0.10 (selective)** , **Kl = 0.0**

$(\tau\alpha)$ = **0.87 (One Cover)**

= **0.80 (Two Covers)**

= **0.80 (Three Cover s)**



شكل (6 . 16) كفاءة المجمع الشمسي

عندما تكون شدة الاشعاع الشمسي 750 (W/m^2) وبالمواصفات التالية :

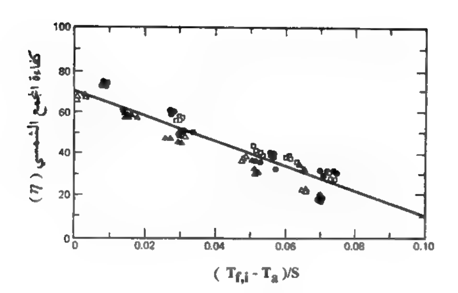
$F' = 0.95$, $F_R = 0.90$, Tilt angle = 45^O , Wind speed = 5 m/s , $T_a = 10\ ^0C$, Tsky = 10 ^0C

ε_p = 0.95 (non selective) , ε_p = 0.10 (selective) , Kl = 0.0

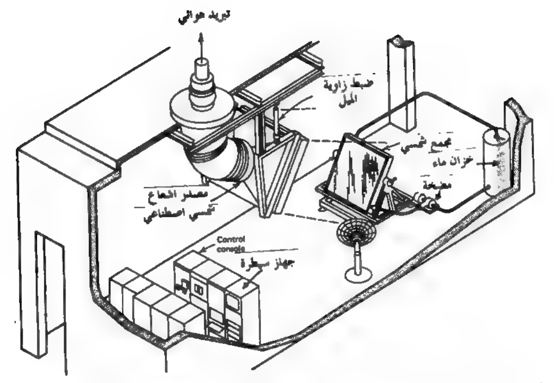
$(\tau\alpha)$ = 0.87 (One Cover)

= 0.80 (Two Covers)

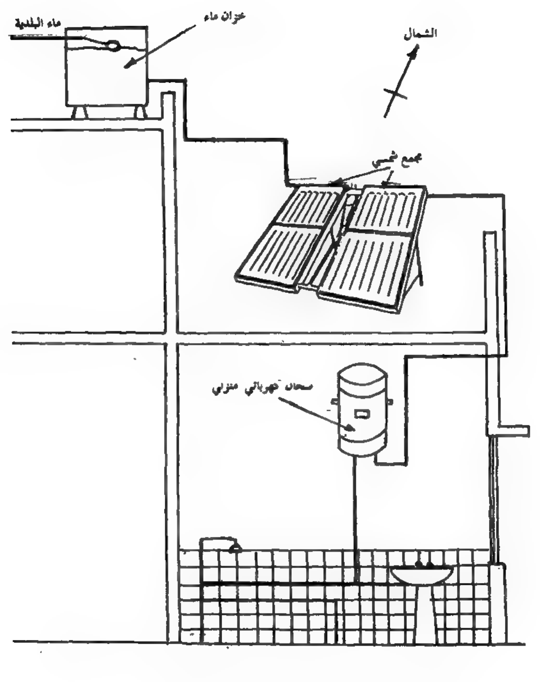
= 0.80 (Three Cover s)



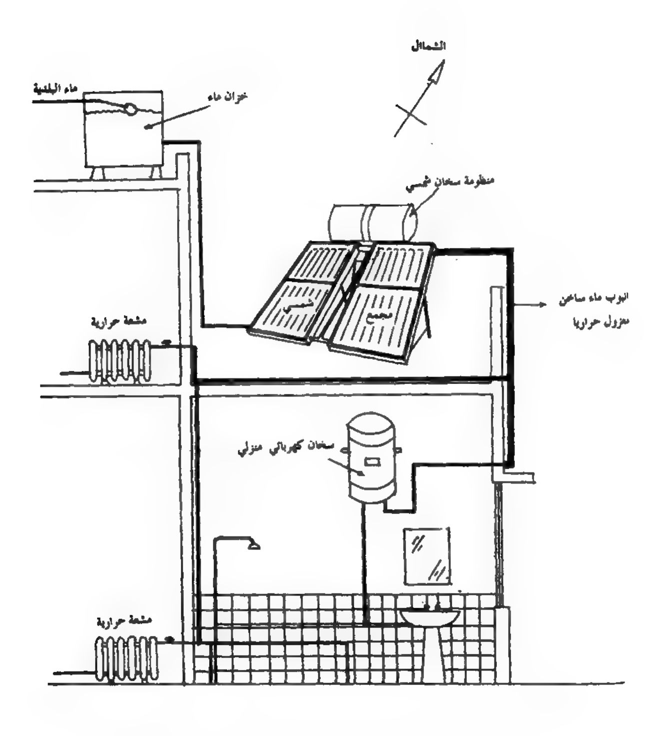
شكل (6 . 17) العلاقة بين كفاءة المجمع و $(T_{f,i} - T_a)/S$



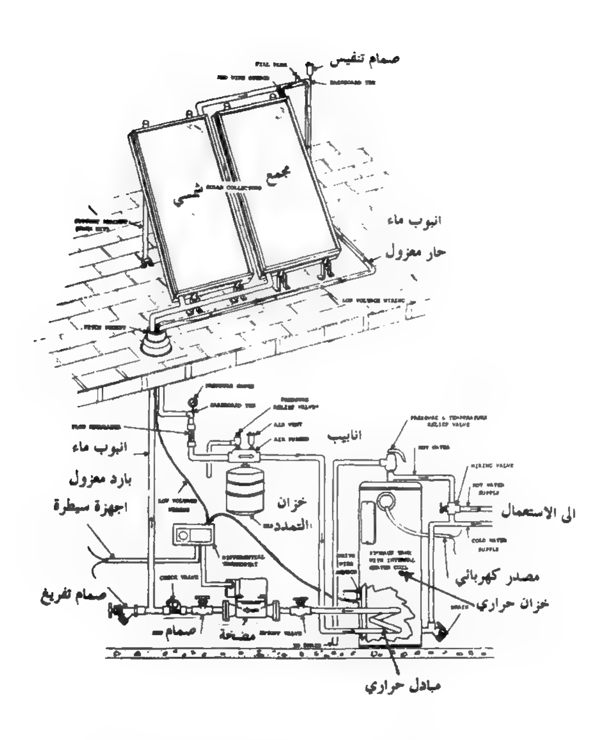
شكل (6 . 18) مختبر (NASA - Lewis) متخصصا باعمال فحص وتقييم المجمعات الشمسية



شكل (6 . 19) مجمع شمسي مربوط بالسخان الكهربائي المنزلي



شكل (6 . 20) منظومة السخان الشمسي مربوطة بالسخان الكهربائي المنزلي



شكل (6 . 21) منظومة تجهيز الماء الحار الشمسية المتكاملة

الفصل السابع

استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء

لقد أخذت منظومات تسخين المياه الشمسية حيزا واسعا من البحث والتطبيق لتزويد الماء الساخن للاستعمال المنزلي بصورة خاصة والاستعمالات الصناعية بصورة عامة . ونتيجة للمزايا التى تتفوق بها هذه المنظومات على منظومات تسخين الهواء الشمسية ، انصب اهتمام الباحثين في تطوير وتحسين اداء منظومات تسخين الماء اكثر من الاهتمام بمنظومات تسخين الهواء . هناك اسباب اخرى سيتم تسليط الضوء عليها بصورة مفصلة . يتم استخدام السطوح الماصة للمجمعات المتعددة والمتنوعة التصاميم المستعملة في تحويل اشعة الشمس الساقطة عليها الى طاقة حرارية يمكن الاستفادة منها في تسخين الهواء الذي يستعمل في تدفئة أجزاء المبنى بصورة مباشرة او غير مباشرة . توجد تصاميم مختلفة لمنظومات متنوعة استعملت في هذا المجال . ويمكن تقسيم منظومات تسخين الهواء الى منظومات قسرية يتم فيها استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك الهواء الناقل للحرارة داخل أجزاء المنظومة ، ومنظومات تسخين الهواء الشمسية الطبيعية (السالبة) التي لا يستعمل فيها اي مصدر طاقة خارجي تعتمد على الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس في تحريك الهواء الناقل للحرارة داخل أجزاء المنظومة . سيتم التطرق لاحقا الى انواع منظومات تسخين الهواء الشمسية التى شاع استعمالها في تكييف المباني والتقنية المستخدمة فيها والعوامل المؤثرة على أدائها الحراري وفوائدها .

أن أستعمال الطاقة الشمسية في تسخين الهواء من أهم الوسائل التي تساهم في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية وتقليل مصادر مسببات تلوث البيئة . وقد أثبت أستعمال الطاقة الشمسية في تسخين الهواء جدواه الاقتصادية وبدون الحاجة الى تقنية عالية في التركيب والتشغيل والصيانة .

7 . 1 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الموجبة (القسرية)

لقد شاع استخدام الطاقة الشمسية في منظومات تسخين الهواء المختلفة في توفير التدفئة والتهوية والجو الطبيعي للساكنين في المباني . يوجد تشابه في اداء ووصف مكونات اجزاء منظومات تسخين الهواء الشمسية مع منظومات تسخين الماء الشمسية باستثناء استعمال الهواء بدلا من الماء كوسيط ناقل للحرارة . يتم استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك الهواء الناقل للحرارة بين اجزاء

المنظومة . يتكون ابسط تصميم لهذه المنظومة من مجمع شمسي وخزان حراري ومروحة دافعة للهواء في المجاري الموصلة بين الاجزاء . وتستعمل عادة في مثل هذه المنظومات مسيطرات حرارية او كهربائية تنظم عمل أجزاء المنظومة لتحقيق كفاءة أداء عالية . وتتكون هذه المنظومات كما في الشكل (7 . 1) من الاجزاء التالية :

7 . 1 . 1 . المجمع الشمسي الهوائي

لا يختلف عمل المجمع الشمسي الهوائي عن عمل المجمع الشمسي المائي في عملية تجميع الاشعة الشمسية التي تسقط على اللوح الماص الذي يكون عادة من لوح معدني مصبوغ بلون اسود قاتم غير لماع كما في الشكل (7 . 2) . واللوح الماص له تصاميم عديدة ومتنوعة لتحقيق اكبر كفاءة ممكنة ، منها اللوح المعدني المستوي ذو الزعانف العمودية او السطح المموج او اللوح الماص المتكون من عدة طبقات او شرائح مرتبة على بعضها بالتوالي كما في الشكل (7 . 3) . يمكن ان ياخذ مسار الهواء داخل المجمع عدة طرق ، منها ان يمر الهواء على السطح المقابل للشمس او من جهتي اللوح الماص او ان ياخذ مسارات متعددة الاتجاه مستقيمة او ملتوية . يستخدم السخان الهوائي الشمسي مربوطا مباشرة الى الحيز المطلوب تدفئته وخاصة في منظومات تسخين الهواء الطبيعية (السالبة) المستخدمة بنجاح في عملية تدفئة المباني كما في الشكل (7 . 4) .

يوجد تشابه كبير بين تصاميم ومكونات المجمعات الشمسية المستوية لتسخين الماء ومكونات مجمعات تسخين الهواء . ويتكون ابسط تصميم للمجمع الشمسي الهوائي المستوي من الاجزاء التالية الموضحة في الشكل (7 . 2) .

أ – الهيكل الخارجي

يحتوى الهيكل الخارجي على اجزاء المجمع الشمسي ويثبت على سطحه العلوي اللوح الزجاجي الشفاف . ويصنع الهيكل الخارجي من مادة معدنية مقاومة للظروف الجوية او من الخشب المعامل بالمواد الحافظة او اي مواد اخرى ، ولم يتم انتاج مثل هذه المجمعات على مستوى الانتاج الصناعي الكمي .

ب – العازل الحراري

تستخدم مادة الصوف الزجاجي المغطى من جهة واحدة بصفيحة المنيوم لماع لعزل الهيكل الخارجي وجوانبه من الداخل .

ج – اللوح الماص

مثلما ذكر سابقا ، حيث تتم عملية امتصاص اشعة الشمس الساقطة مباشرة على اللوح الماص المتكون من لوحة معدنية مسطحة ذات اشكال وتصاميم متنوعة كما موضح في الشكل (7 . 3) . يطلى اللوح الماص بمادة تعرف بالطلاء الانتقائي .

د – الطلاء الانتقائي

تساعد هذه المادة على امتصاص اكبر كمية من موجات الاشعاع الشمسي الساقطة عليها لتحويلها الى حرارة بواسطة اللوح الماص وتمتاز هذه الصبغة بمواصفات حرارية وفيزيائية جيدة كما ذكرت تفاصيلها سابقا .

هـ – السطح الشفاف

يتكون السطح الشفاف عادة من سطح مستوي شفاف كالزجاج النقي او البلاستيك المقاوم للظروف الجوية . ويفضل استخدام سطح شفاف ذو قابلية عالية على نفاذ الاشعة الشمسية وقلة امتصاصه لها .

7 . 1 . 2 . الخزان الحراري الهوائي

يقوم الخزان الحراري الهوائي عادة بعملية خزن الحرارة الواصلة اليه من المجمع الهوائي بواسطة الهواء الحار المتدفق خلاله حيث تكون مادة خزن الحرارة من احد انواع الحجر او طوب الأسمنت الاسفنجي ، ويتم خزن الحرارة المكتسبة من الهواء الحار خلال مروره داخل مسارات الخزان . يمكن الاستفادة من الحرارة المخزونة في الخزان عند الحاجة . تبنى الجدران الخارجية للخزان الحراري من الطوب (الطابوق) او الحجر الجيري او الحجر الاسمنتي ويكون الخزان الحراري معزولا عزلا حراريا

جيدا ويوضع في الغالب تحت مستوى سطح الارض وذلك لضخامة حجمه وثقل وزنه كما في الشكل (7 . 5) .

7 . 1 . 3 . شبكة مجاري توزيع الهواء

تستعمل مجاري الهواء للربط بين اجزاء المنظومة المستعملة . وتتكون عادة من صفائح الحديد المغلون او رقائق بلاستيكية مقواة تكون معزولة عزلا حراريا بواسطة احد انواع العوازل المستخدمة في هذا المجال ، لتقليل فقدان الحرارة المكتسبة بواسطة الهواء من خلال جدران المجاري . وقد يستعمل احد انواع مصفيات الهواء مركبا على فتحات دخول الهواء الخارجي الى المنظومة .

7 . 1 . 4 . مضخة دفع الهواء

تستعمل مضخة هوائية لدفع الهواء داخل اجزاء المنظومة . ويعتمد في تحديد قدرة المضخة على مقدار الخسارة في الضغط الحاصلة نتيجة استعمال مجاري الهواء والتوصيلات والموزعات واثناء مرور الهواء داخل المجمع الشمسي والخزان الحراري .

7 . 1 . 5 . مسيطرات ومنظمات حرارية

تستعمل عادة المسيطرات والمنظمات الحرارية لغرض السيطرة على حركة دوران الهواء داخل اجزاء المنظومة بالمقارنة مع معدل الاشعاع الشمسي المتوفر والحاجة لمتطلبات التدفئة وطريقة عمل تصميم المنظومة المستخدمة .

7 . 1 . 6 . مصدر طاقة خارجي

قد تستعمل الطاقة الكهربائية أوالنفط في تشغيل احد انواع الاجهزة المستخدمة لتوفير الهواء الحار المربوطة الى منظومة تسخين الهواء الشمسية لغرض التعويض عن هذه المنظومة في بعض الاوقات من الايام الغائمة او الباردة التي لا تتوفر فيها معدلات كافية من الاشعاع الشمسي لأغراض التدفئة المطلوبة.

7 . 2 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي الهوائي

تتأثر كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية بالأداء الحراري لأجزاء المنظومة ، ويمكن الحديث عن العوامل المؤثرة على أداء كل جزء على حده :

- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للمجمع الشمسي الهوائي وسوف نتناولها بالتفصيل لاحقا .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للخزان الحراري حيث ان الفقد الحراري عن طريق التسرب الحاصل بسبب رداءة العازل الحراري المغلف لحوض الخزان الحراري ، يؤدي الى تدني كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري لشبكة مجاري توزيع الهواء التي تربط بين أجزاء منظومة تسخين الهواء الشمسية . أن عدم استعمال مادة حرارية عازلة من نوعية جيدة بالاضافة الى المبالغة في زيادة أطوال قنوات المجاري المستعملة يؤدي الى زيادة في الفقد الحراري من قنوات المجاري مما يضيف عاملا آخر الى العوامل التي ذكرت في تدني كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية الكلية .

7 . 2 . 1 . الأداء الحراري للمجمع الشمسي الهوائي

المجمع هو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الساقطة عليه الى طاقة حرارية بواسطة اللوح الماص المطلي بطلاء انتقائي خاص . حيث تتم عملية امتصاص اشعة الشمس الساقطة مباشرة على اللوح الماص وتحويلها الى حرارة يلتقطها الهواء المار على اللوح الماص . وتوجد تصاميم عديدة للوح الماص اكثرها استعمالا في الوقت الحاضر هو النوع ذو الصفيحة المعدنية المستوية والصفيحة المعدنية ذات الزعانف العمودية بأتجاه مسار الهواء . ولغرض دراسة كفاءة الأداء الحراري للمجمع الشمسي الهوائي يجب التعرف أولا على العوامل المؤثرة على مسار اشعة الشمس الساقطة على المجمع الشمسي . ان جزءا كبيرا من أشعة الشمس يتم فقده نتيجة تأثير ذرات الغبار والماء ومكونات الهواء الغازية القادرة على امتصاص وعكس أشعة الشمس في الغلاف الجوي . وعند سقوط أشعة الشمس فإن جزءاً منها ينعكس الى الخارج معتمدا على زاوية سقوط الأشعة على سطح المجمع الشمسي ، وجزءا آخر منها يمتص في السطح الشفاف والجزء المتبقي ينفذ الى داخل الحيز بين السطح الشفاف واللوح الماص ليسقط بعد ذلك على اللوح الماص . يتم امتصاص جزء كبير منه في اللوح الماص . أما الجزء المتبقي فهو يعتبر مفقودا لا يستفاد منه .

7 . 2 . 2 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي الهوائي

فيما يلي اهم العوامل التي تؤثر على كفاءة المجمع الشمسي الهوائي :

- الظروف الجوية المحيطة
- الموقع الجغرافي
- مواصفات السطح الشفاف
- مواصفات وتصميم اللوح الماص
- مواصفات الطلاء الأنتقائي
- مواصفات العزل الحراري
- درجة حرارة الهواء الداخل للمجمع الشمسي
- سرعة سريان الهواء في المجمع الشمسي
- زاوية ميل المجمع الشمسي

ويمكن تعريف كفاءة المجمع الشمسي بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{\text{الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجمع الشمسي}}{\text{كمية الاشعاع الشمسي الساقطة عليه}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1 . 7)$$

ويمكن حساب الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجمع الشمسي بالمعادلة التاليــة :

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L(T_{f,i} - T_a)] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2 . 7)$$

حيث إن :

A_c مساحة المجمع الشمسي (m^2)

S الطاقة الشمسية الممتصة (W / m^2)

U_L معامل الفقد الحراري الكلي ($W / m^2 . {}^oC$)

$T_{f,i}$ درجة حرارة الهواء الداخل للمجمع الشمسي (${}^oC$)

T_a درجة حرارة المحيط الخارجي (${}^oC$)

F_R معامل انتزاع الحرارة

ويأخذ معامل الفقد الحراري الكلي في الأعتبار الفقودات الحرارية التي تحدث من كل السطوح الخارجية للمجمع حيث :

$$U_L = U_t + U_b + U_e \qquad .... (3 . 7)$$

حيث إن :

U_t معامل الفقد الحراري العلوي ($W/m^2 . ^oC$)

U_b معامل الفقد الحراري الخلفي ($W/m^2 . ^oC$)

U_e معامل الفقد الحراري خلال الجوانب ($W/m^2 . ^oC$)

ويعرف معامل أنتزاع الحرارة بأستخدام العلاقة :

$$F_R = \frac{\mathring{m} C_p(T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c[S - U_L(T_{f,i} - T_a)]} \qquad .... (4 . 7)$$

حيث إن :

$\mathring{m}$ معدل تدفق كتلة الهواء (kg/ m^3)

C_p الحرارة النوعية للهواء تحت ضغط ثابت ($kJ/kg . ^oK$)

$T_{f,o}$ درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي (^oK)

7 . 2 . 3 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجمع الشمسي الهوائي

لغرض حساب كفاءة المجمع الشمسي الهوائي لابد من قياس العوامل التالية :

- درجة حرارة الهواء الخارجي
- سرعة الرياح المؤثرة على المجمع الشمسي
- زاوية ميلان المجمع الشمسي
- معدل الأشعاع الشمسي الساقط على المجمع
- درجة حرارة الهواء الداخل للمجمع والخارج منه

- معدل سريان الهواء في المجمع الشمسي
- أبعاد ومواصفات أجزاء المجمع الشمسي

ومن تحصيل القياسات في اعلاه يمكن حساب المتغيرات التالية :

- معامل الفقد الحراري العلوي U_t والخلفي U_b ومن الجوانب U_e والكلي U_L
- معامل كفاءة المجمع F'
- معامل انتزاع الحرارة F_R
- معامل سريان الهواء F''

حيث إن معامل كفاءة المجمع الشمسي الهوائي يمكن حسابه من علاقات رياضية تختلف حسب تصميم اللوح الماص في المجمعات الشمسية الهوائية ، كما هو ظاهر في الشكل (7 . 3) . إما معامل سريان الهواء (F'') فيمكن إيجاده من العلاقة التالية :

$$F'' = F_R / F' \quad \text{........................} \quad (5 . 7)$$

حيث ان

F_R معامل انتزاع الحرارة كما جاء في المعادلة (7 . 4)

F' معامل كفاءة المجمع الشمسي . يقدم الشكل (7 . 3) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الهواء والمعادلات الرياضية لحساب الفقد الحراري ومعامل كفاءة المجمع الشمسي .

ومما تقدم يمكن الأستنتاج إن أهم العوامل التي يجب أن تدرس وتحسب عند إجراء تقييم او مفاضلة بين منظومات تسخين الهواء الشمسية المختلفة التي تستعمل أحد تصاميم المجمعات الشمسية المستوية والتي لا تحتوي على أي شكل من أشكال تركيز الأشعة الشمسية الساقطة عليها هي :

أولا : مواصفات المجمع الشمسي

1- مساحة المجمع الشمسي (متر مربع)
2- نوع اللوح الماص
3- معدن اللوح الماص
4- نوع الطلاء الأنتقائي

5- سعة إحتواء الهواء

6- معامل كفاءة المجمع الشمسي F'

7- معامل سريان الهواء F''

8- كفاءة الزعانف (F) عندما يكون اللوح الماص من نوع صفيحة معدنية ذات زعانف عمودية

9- مواصفات مادة السطح الشفاف

10- مواصفات مادة إحكام الغلق للسطح الشفاف

11- مواصفات إطار السطح الشفاف

12- مواصفات هيكل المجمع الشمسي

13- مواصفات العازل الحراري

14- وزن المجمع الشمسي

15- خواص التشغيل الرئيسية

ومن الجدير بالذكر إن المجمعات الشمسية الهوائية المستوية ذات الكفاءة العالية تتمتع بما يلي :

1- قيمة عالية لمعامل الإنتزاع الحراري F_R

2- قيمة عالية لمعامل سريان الهواء F''

3- قيمة عالية لمعامل كفاءة المجمع F'

4- معدل منخفض لمعامل الفقد الحراري الكلي U_L

5- سعة عالية لإحتواء الهواء

6- سهولة الإستعمال والصيانة

7- خفة الوزن

8- استعمال اجزاء ذات مواصفات عالية

9- اعتماد العلاقة البيانية القياسية بين كفاءة الاداء و $(T_{f,i} - T_a)/S$ أخذين بعين الإعتبار الموقع الجغرافي وسرعة الرياح في المنطقة وبواسطتها يمكن مقارنة كفاءة السخان الشمسي المطلوب تقييمه كما في الشكل(7 . 6) .

كما تم التطرق اليه سابقا بوجد مختبرات في المراكز البحثية والشركات المتخصصة تقوم بعمليات الفحص وتقييم الاداء واصدار شهادة كفاءة المجمعات الشمسية المختلفة بموجب المواصفات العالمية .

ثانيا : مواصفات خزان الهواء الحراري

1 - سعة الخزان

2 - مواصفات هيكل خزان الهواء الحراري

3 - مواصفات العازل الحراري

4 - مواصفات هيكل تغليف خزان الهواء الحراري

ثالثا : مواصفات مجاري الربط بين الأجزاء والتوصيلات

1 - مواصفات مادة المجاري الهوائية

2 - مواصفات مادة العازل الحراري

3 - مواصفات مادة التغليف

رابعا : مواصفات أجهزة السيطرة الميكانيكية والكهربائية

خامسا: مواصفات مضخة تدوير الهواء المستعملة في منظومة الهواء الشمسية القسرية

سادسا: الوزن الكلي للمنظومة

سابعا : خواص التشغيل الرئيسية

ثامنا : سهولة الإستعمال والصيانة

تاسعا : ضمان عمر تشغيلي طويل نسبيا .

7 . 3 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الطبيعية (الحرة ، السالبة)

تعمل هذه المنظومات بتأثير تسخين الهواء بالاشعة الساقطة على المجمع الهوائي الذي يؤدي الى اختلاف كثافة الهواء مما يساعد على حدوث تيار هوائي يدفع الهواء الساخن الى الحيز المراد تدفئته بدون استعمال قوة خارجية تساعد في حركة الهواء . وقد شاع استعمال المجمع الهوائي الشمسي

المربوط مباشرة الى الحيز المطلوب تدفئته وكذلك توجد منظومات ذات تصاميم مختلفة عن التصميم التقليدي للمجمع الشمسي الهوائي وكلها تقع في مجموعة منظومات التدفئة والتهوية الطبيعية (السلبية) ، ومنها على سبيل المثال منظومات الجدار الحر والفسحة الشمسية والكسب المباشر والمغلف المزدوج ... الخ . وسيتم التطرق الى انواع المنظومات السلبية المستخدمة في تكييف المباني وادائها الحراري بشيء من التفصيل .

7 . 4 . منظومة الجدار الحراري الحر

لقد طرحت فكرة الجدار الحراري الحر (Trombe Wall System) من قبل الباحثين (Trombe & Michel) في عام 1967 في جنوب فرنسا عندما قاما بتدفئة غرفة بواسطة الهواء الحار الناتج من جدار حراري . ومنذ ذلك الحين فقد ارتبط هذا النوع من التدفئة بأسم Trombe Wall System) . ان الجدار الحراري هو أحد الوسائل المتبعة الآن في تجهيز الهواء الحار وخزن الحرارة في ساعات شروق الشمس واعادة استعمال الحرارة المخزونة في الجدار لتدفئة الهواء في ساعات بعد غروب الشمس . وتقوم ايضا هذه المنظومة بعملية التهوية في المبنى خلال ساعات اليوم في جميع فصول السنة .

ويتكون الجدار الحراري عادة من جدار خرساني أو جدار مشيد بالطوب مطلي بلون أسود داكن للسطح المقابل للشمس ويتصدره سطح شفاف عادة من الزجاج تاركا مسافة بينهما مكونا قناة طولية تسمح بمرور الهواء فيها . وهناك فتحتان في اسفل واعلى الجدار لغرض السماح بدخول الهواء من الاسفل للتعرض للاشعاع الشمسي واكتساب الحرارة . ونتيجة لقلة كثافة الهواء الساخن يرتفع الى الأعلى متسلقا القناة الى الفتحة العلوية . ونتيجة لوجود الاشعاع الشمسي فان حركة الهواء سوف تكون مستمرة في سحب الهواء البارد من الفتحة السفلى وضخ الهواء ساخنا من الفتحة العليا في الحيز المراد تدفئته كما موضح في الشكل (7 . 7) . وبعد ساعات قليلة يمكن تدفئة الحيز المطلوب مع خزن كمية من الحرارة داخل الجدار نفسه . اما في ساعات غروب الشمس فان حركة الهواء في القناة تبقى مستمرة نتيجة انتقال الحرارة المخزونة من الجدار الى الهواء وتستمر هذه الحركة طالما هناك حرارة مخزونة في الجدار الحراري . يكون مكان تركيب الجدارالحراري عادة في الواجهات الجنوبية للمباني لاستقبال اكبر كمية من الاشعاع الشمسي خلال ساعات النهار .

ومن الجدير بالذكر انه يستعمل في بعض تصاميم الجدار الحراري خزانا للماء أو أنابيب طولية مملوءة بالماء أو التراب بدلا من الجدار الخرساني او الجدار المشيد بالطوب .

7 . 5 . تصميم منظومة الجدار الحراري الحر

كنا قد اشرنا الى ان الجدار الحراري هو احد منظومات النظام السالب المستعملة في تدفئة المباني . ويوضح الشكل (7 . 7) مخططا توضيحيا لتصميم وحدة متكاملة من الجدار الحراري . ويمكن دمج عدة وحدات للحصول على المساحة التجميعية لاشعة الشمس الكافية لتزويد الهواء الحار الى الحيز المطلوب تدفئته . ويبين التصميم ايضا بان كافة مكونات الجدار الحراري يمكن الحصول عليها من المواد المتوفرة في السوق المحلية . وحسب ما ذكر في اعلاه فقد استعملت في هذا التصميم مادة الخرسانة العادية (او يمكن استعمال مادة الخرسانة المقاومة للاملاح) بسمك (28 – 30 سم) لبناء الجدار الحراري ويطلى السطح المواجه لاشعة الشمس بطلاء اسود داكن (غير لماع) . ويستعمل الزجاج الشفاف بسمك (4 – 6 ملم) . ويفضل عادة الزجاج قليل السمك ويمتاز بدرجة نقاوة عالية مما يساعد على نفاذ اكثر موجات الاشعاع الشمسي من خلاله . ويوضح التصميم كذلك وجود مسافة (18 – 20 سم) بين الزجاج والجدار الخرساني مكونا قناة طولية تسمح بمرور الهواء . ويعتمد اختيار هذه المسافة على شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو وساعات سطوع الشمس. وتوجد في اسفل واعلى القناة فتحتان على كل جانب لدخول وخروج الهواء منها . ويمكن التحكم بفتح وغلق وتحديد سعة هذه الفتحات بواسطة زعانف معدنية متحركة يمكنها احكام غلقها عند عدم استعمال احدى هذه الفتحات . وكذلك وضعت فتحات هوائية اعلى واسفل السطح الزجاجي لتامين حركة الهواء خلال هذه المنظومة وتقليل تاثير شدة الاشعاع الشمسي في موسم الصيف وتوفير التهوية المناسبة . ويوضح الشكل (7 . 8) حركة الهواء في منظومة الجدار الحراري لموسمي الصيف والشتاء .

7 . 6 . البيوت الخضر (منظومة الفسحة المشمسة المضافه)

تعد البيوت الخضر (Greenhouse or Attached Sunspace) أحد انواع منظومات النظام الطبيعي (السلبي) (Passive Systems) المستعملة في تكييف المباني السكنية والخدمية . يوضح الشكل (7 . 9) تفاصيل تصميم منظومة البيوت الاخضر الملاصقة للمبنى . ويمكن تعريف البيوت الخضر بأنها حيز محاط بغلاف شفاف يعتمد على نظرية حبس اشعة الشمس الساقطة على الغلاف التي تؤدي الى رفع درجة حرارة الحيز نتيجة تراكم كميات الطاقة الحرارية المكتسبة من اشعة الشمس الساقطة على الحيز اكثر من كمية الحرارة المفقودة منه . وهذا يؤدي الى رفع درجة حرارة الحيز .

وتستمر درجة الحرارة بالارتفاع طالما كانت هناك كمية حرارة مكتسبة من أشعة الشمس الساقطة بكميات أكثر من الفقد الحراري الحاصل من البيت الاخضر الى المحيط الخارجي .

7 . 6 . 1 . وصف البيوت الخضر

أن البيت الاخضر حيز مكون بواسطة هيكل له شكل هندسي معين ومغطى بألواح زجاجية شفافة تسمى عندئذ بالبيوت الزجاجية كما في الشكل (7 . 10) . وعندما يغطى الهيكل بالرقائق أو الاغطية البلاستيكية عند ذلك تسمى بالبيوت البلاستيكية كما في الشكل (7 .11) . وتوجد في الهيكل فتحات تهوية يمكن التحكم فيها بالفتح والغلق حسب الأحتياج ، وتستعمل للسيطرة على درجة الحرارة ومعدل التهوية المطلوبة داخل البيت .

7 . 6 . 2 . نظرية أداء البيوت الخضر

أن الغلاف الشفاف للبيت الاخضر يسمح بنفوذ جزء من الاشعة الشمسية الساقطة عليه ويمتص جزءا منها ويعكس جزءا أخر من الاشعة الشمسية الى المحيط الخارجي . وتنفذ أشعة الشمس ذات الموجات القصيرة غالبا الى حيز البيت الاخضر . وعند نفاذ اشعة الشمس الى الحيز الداخلي فانها تمتص من قبل جزئيات الهواء والنباتات والمواد والمحتويات الموجودة داخل الحيز . وتتحول هذه الاشعة مباشرة الى طاقة حرارية كامنة فيها وتؤدي الى ارتفاع درجة حرارتها . وتمتاز هذه الحرارة بطول موجاتها مما لا تساعد على فقدانها الى المحيط الخارجي من خلال الغلاف الشفاف . وتزداد درجة حرارة الحيز نتيجة الكسب الحراري من أشعة الشمس المباشرة أكثر من الفقد الحراري المعاكس الى خارج الحيز . وعند معرفة معدل الاشعاع الشمسي النافذ داخل حيز البيت الاخضر مضروبا بالمساحة الافقية للاشعاع الشمسي النافذ خلال تلك الفترة نحصل على كمية الطاقة الحرارية المكتسبة . أن درجة حرارة فراغ البيت الأخضر تستمر في الأرتفاع طالما كانت هناك كمية كافية من أشعة الشمس أكثر من قيمة الفقد الحراري . ويمكن السيطرة على درجة حرارة الحيز عن طريق التحكم بفتحات التهوية التي تعتمد على عوامل كثيرة من أهمها :-

1- درجة حرارة الهواء الخارجي
2- معدل شدة الاشعاع الشمسي الساقط
3- سرعة الرياح

4- الخواص الفيزيائية للغلاف الشفاف

5- تصميم هيكل البيت

6- تصميم الجدار الملاصق

7- مكان تركيب البيت

8- المواد والمحتويات المستعملة داخل البيت

9- منظومة الري ونوع المزروعات

10- الموقع الجغرافي

7 . 6 . 3 . أستعمالات البيوت الخضر

تمتاز البيوت الخضر بامكانية توفير جو طبيعي وكذلك سهولة التحكم بالمحيط الداخلي لها مما يساعد على الاستفادة منها في تطبيقات متعددة الاغراض . ومن أهم التطبيقات الشائعة هي :-

1 - الزراعة

يصلح لزراعة مختلف النباتات لتحصيل منتجات زراعية ذات جودة عالية وخاصة في غير مواسمها مع زيادة انتاج المحصول الزراعي في وقت مبكر .

2 - تدفئة المباني

شاع استعمال البيوت الخضر في تصاميم مختلفة لغرض تدفئة جزء من المبنى الملاصق للبيت الأخضر كما في الشكل (7 . 9) .

3 -تهوية المباني

تستخدم البيوت الخضر ايضا في توليد عملية التهوية من المبنى الى الخارج وذلك عن طريق طرد جزء من الحرارة بواسطة تيارات الهواء الحاصلة نتيجة اختلاف درجات الحرارة كما في الشكل (7 . 9) .

4 ـ تجفيف المحاصيل الزراعية

تستعمل البيوت الخضر في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية للمحافظة على القيمة الغذائية والجودة والنظافة .

5 ـ تربية الاسماك وبعض الاحياء المائية

تستعمل البيوت الخضر في تربية اسماك الزينة وتربية بعض الاحياء المائية وأجراء التجارب عليها بسبب سهولة السيطرة على المحيط الداخلي للبيوت الخضر وامكانية توفير بيئة طبيعية لمثل هذا النوع من الاحياء كما في الشكل (7 . 11) .

7 . 6 . 4 . تصاميم البيوت الخضر

كما ذكرنا سابقا فأن البيوت الخضر تقسم الى قسمين حسب نوع المادة الشفافة المستعملة في تغطية الهياكل وهي :ـ

1 – البيوت البلاستيكية

يمكن وصف تصميم هيكل البيوت البلاستيكية الشائعة الأستعمال في أغلب مناطق العالم بانها ذات شكل نصف أسطواني . ويتكون هذا الهيكل من مجموعة أقواس انبوبية معدنية بابعاد محددة موصلة مع بعضها بواسطة توصيلات انبوبية من نفس مادة الأقواس ومثبتة مع بعضها البعض بواسطة اسلاك معدنية تمتد على طول وعرض البيت . وهناك فتحات تهوية موزعة على السطح الطولي للبيت وأبواب متحركة في النهايات كما هو موضح في الشكل (7 . 11) . وقد انتشر استخدام هذا التصميم لسهولة الاستعمال والتركيب من قبل الفلاحين والمزارعين وتوفر المعامل المصنعة للانابيب وللمردودات الأقتصادية الجيدة الناتجة من استخدام البيوت الخضر . وهناك تصاميم اخرى شاع استعمالها في مناطق محددة من العالم ومنها على سبيل المثال استعمال البيوت المكعبة والطولية التي تستعمل في مناطق من اسبانيا وذلك لمقاومتها للرياح وتوفر المواد المستعملة في بناء البيت محليا . ويتكون البيت من اعمدة خشبية مقطوعة من الاشجار المزروعة في هذه المناطق ، ويثبت الهيكل

الخشبي بالارض بواسطة الحبال الجانبية المربوطة بالأوتاد ، ثم يغلف الهيكل الخشبي بالاغطية البلاستيكية . تستعمل البيوت البلاستيكية غالبا في انتاج المحاصيل الزراعية .

2 – البيوت الزجاجية

لقد شاع أستعمال البيوت الزجاجية المتنوعة في تطبيقين رئيسيين وهما الانتاج الزراعي وتدفئة المباني . وسوف نصف بعض تصاميم البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال ثم نتطرق لاحقا الى وصف بقية أنواع التصاميم المستعملة .

يتكون هيكل البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال في الزراعة من أعمدة رئيسية موصلة مع بعضها بتقاطيع عمودية وافقية تركب عليها الالواح الزجاجية مكونة الجدران الخارجية للهيكل . أما السقف فيتكون من سلسلة سطوح مائلة على شكل مثلثات مصفوفة على هيئة أسنان المنشار . ويوجد في الجوانب والسقوف شبابيك متحركة يمكن بواسطتها السيطرة على درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وكذلك توجد أبواب على الجدران من الجهات الأربعة لتأمين الخدمات .

أما تصاميم البيوت الخضر الزجاجية التي سيتم شرحها الان فقد أستعملت في تدفئة المباني وتوفير الجو الطبيعي لهذا الحيز بالأضافة الى أستعمالها كأداة لتوفير المتعة في ممارسة أعمال الزراعة والديكور الداخلي . وقد أستعملت تصاميم مختلفة للبيوت الخضر ملاصقة للمبنى لغرض الأستفادة من الحرارة المتولدة وانتقالها عبر الجدار الملاصق الى داخل المبنى . وأستعملت تقنيات عديدة كان هدفها الأساسي كسب الحرارة من أشعة الشمس ومحاولة نقلها الى المبنى أو خزنها لاستعمالها في الاوقات المطلوبة أو لساعات مابعد غروب الشمس .

يمكن وصف مكونات تصاميم البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال في هذا المجال بمايلي :
يتكون البيت الزجاجي من هيكل خارجي معدني أوخشبي على شكل قوس كما في الشكل (7 . 12) أو من سطح مستوي كما في الشكل (7 . 10) مغطى بالواح زجاجية . وتوجد في الهيكل فتحات تهوية وباب للاستعمال والخدمات . ويركب البيت الزجاجي ملاصقا للمبنى من جهة الجنوب غالبا ، ويطلق عليه البيت الزجاجي الملاصق للمبنى ، والغرض من أستعمال حائط التلاصق لانتقال الحرارة خلاله من البيت الزجاجي الى داخل المبنى . وتوجد في هذا الجدار غالبا فتحتان عليا وسفلى تسمح الفتحة العليا بدخول الهواء الحار من البيت الزجاجي الى داخل المبنى ويسحب الهواء البارد من المبنى الى البيت الزجاجي من خلال الفتحة السفلى . وتشكل هاتان الفتحتان حركة الهواء

الحار والتهوية من والى البيت الزجاجي . ويمكن اضافة البيت الزجاجي الى المباني المشيدة سابقا عندما تتوفر العوامل الاساسية من المكان والجدوى الاقتصادية . وكذلك يمكن التخطيط لاستخدام البيوت الزجاجية عند وضع التصاميم المعمارية والحرارية للمباني الجديدة . وفي هذه الحالة يعطى اهتمام خاص لتصميم الجدران الملاصقة للبيوت الخضر التى تقوم بوظائف كسب ونقل وخزن الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس في حيز البيت الزجاجي .

7 . 6 . 5 . موقع تركيب البيوت الخضر بالنسبة للمباني

تركب البيوت الخضر الملاصقة للمباني (Attached Greenhouse) لتجميع اكبر كمية من الاشعاع الشمسي خلال الأشهر الباردة والتي تبدأ من شهر أيلول (سبتمبر) الى شهر نيسان (ابريل) وتأمين التهوية في الاشهر الاخرى . ويلاحظ عند تركيب البيوت الخضر الملاصقة بأن ارتفاع المبنى سوف يولد ظلالا تقلل من كمية الاشعاع الشمسي الساقط عليها خلال ساعات النهار مما يؤثر على أداء البيت الاخضر . وكذلك يلاحظ الالوان الفاتحة التي تشع اكبر كمية من الاشعاع الشمسي الساقط عليها . ويركب البيت الاخضر في الجهة الجنوبية او مائل بزاوية عن الاتجاه الجنوبي ويلاحظ وجود عوامل توليد الظلال . ويمكن تركيب البيت الاخضر الملاصق للمبنى المواجه بزاوية أقل من 45 درجة نحو الجنوب الشرقي أو أكثر من 45 درجة نحو الجنوب الغربي . ويمكن ايضا ان تركب البيوت الخضر الملاصقة للمبنى من جهتين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية عندما يكون المبنى موجها بزاوية 45 درجة عن الاتجاه الشمالي كما في الشكل (7 . 13) .

7 . 6 . 6 . تصاميم البيوت الخضر الملاصقة للمباني

لقد تم التطرق الى شرح تصاميم البيوت الخضر المستعملة لاغراض متعددة ، وهنا سوف نسلط الضوء على تصاميم البيوت الخضر الملاصقة المستعملة في تدفئة وتهوية المباني المختلفة . لقد أجاد المهندسون المعماريون استعمال احد اشكال البيوت الخضر في تناغم فني عند وضع التصاميم المعمارية للمباني . ان استعمال البيت الاخضر يعطي جمالية وحركة معمارية متميزة للمبنى .

وكما أشرنا سابقا فان أشكال البيوت الخضر الملاصقة المستعملة في تكييف المباني تكون على الاشكال الشائعة التالية :-

1 ـ البيوت الخضر الملاصقة ذات السقف المقوس

تتكون من هيكل معدني أو خشبي ذي جدران مستوية وسقف مقوس مغطى بالواح زجاجية أو بلاستيكية شفافة ، وتوجد فيه فتحات للتهوية وباب للخدمات وتثبت على الهيكل ستائر يمكن بواسطتها التحكم من خلالها بشدة وكمية الاشعاع الشمسي الساقط كما في الشكل (7 . 12) . يركب البيت ملاصقا للمبنى على جهة أو جهتين متعامدتين يعتمد على موقعه في تصميم المبنى . ويعمل الجدار او الجدران الملاصقة المركب عليها البيت الاخضر بوظيفة أمتصاص الأشعاع الشمسي ونقل قسم من الحرارة المكتسبة وتخزين القسم الاخر للاستعمال الى ساعات ما بعد غروب الشمس . يبنى هذا الجدار غالبا من مواد البناء التقليدية بأستعمال احد أنواع الحجر أو الطوب الاسمنتي . وهناك تصاميم متنوعة عديدة أستعملت فيها براميل معدنية أو خزانات أو أنابيب بلاستيكية في تشكيل الجدران الملاصقة لتحقيق الغاية المرجود بالاضافة الى الجمالية والديكور الداخلي كما في الشكل (7 .14) .

2 ـ البيوت الخضر ذات السطح أو السطوح المائلة

لايوجد أختلاف في تصميم هيكل هذه البيوت عن سابقتها سوى في تصميم السقف ، حيث يتكون من سطح مستوي مائل او اكثر كما في الشكل (7 . 11) .

3 – البيوت الخضر شبه المدفونة الملاصقة للمباني

في بعض المناطق الجغرافية من العالم يفضل استعمال البيوت الخضر شبه المدفونة الملاصقة للمباني (Attached Semi-pit Greenhouse) وذلك لتأمين البرودة والرطوبة المطلوبة المكتسبة من عمق الارض . ويمكن ان يكون البيت الاخضر مدفونا تحت مستوى سطح الارض بمسافة نصفه او اكثر في بعض الاحيان كما في الشكل (7 .15) .

4 – البيوت الخضر المدفونة الملاصقة للمباني

مثلما تكلمنا عن البيوت الخضر شبه المدفونة ، يمكن استعمال البيوت الخضر المدفونة كليا تحت سطح الارض (Attached Pit Greenhouse) حيث يبقى السقف المائل الشفاف ظاهرا للعيان كما في الشكل (7 . 16) .

كذلك توجد تصاميم معمارية اخرى متنوعة شائعة استعملت في تصميم البيوت الخضر الملاصقة كجزء من المبنى أو مضافا اليه كما في الشكل (7 . 17) . وكذلك توجد تصاميم معمارية فردية للمباني التي أستعملت فيها البيوت الخضر حسب الرغبة الشخصية للمالك والحاجة في أستعمال المباني .

6 . 6 . 7 . استعمال البيوت الخضر في المباني المشيدة سابقا

حسب ماتم الحديث عن وصف البيوت الخضر وبساطة التقنية المستعملة ومكان التركيب والعوامل المؤثرة عليها فان من الممكن أضافة التصميم الملائم للبيت الاخضر الى اي مبنى سواء كان مشيدا قديما أو حديثا بما يتلائم مع متطلبات تجميع الطاقة الشمسية عندما تتوفر المساحة الكافية لتركيبه والحيز المراد تدفئته من المبنى . أن تركيب البيوت الخضر في اي مبنى يتم بعد دراسة واقع المبنى والمساحات المتوفرة لتحقيق الغاية المرجوة منه . أن اضافة البيت الاخضر الى اي مبنى لايتطلب تغييرات مدنية للمبنى وسوف لايؤثر على المظهر المعماري للمبنى أذا أحسن اختيار التصميم الملائم للبيت الاخضر بحيث يتماش مع المظهر المعماري للمبنى . أن تركيب البيت الاخضر سوف يضيف جمالية وراحة للساكنين والتقليل من تكلفة الطاقة المصروفة للتكييف .

7 . 6 . 8 . استعمال البيوت الخضر في المباني التي تشيد مستقبلا

حسب ما تم ذكره في اعلاه ، فأن أستعمال البيوت الخضر في تكييف المباني يعتبر احد الوسائل المتاحة لدى المختصين في استغلال أحد مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة والمتمثلة بأستعمال تقنية التحويل الحراري للطاقة الشمسية لتغطية جزء مهم من أحتياج الطاقة للاغراض المنزلية والخدمية . لقد أعطى استعمال البيوت الخضر مردودات اقتصادية وساهم في تقليل جزء لابأس به من تكاليف الطاقة والمشاكل الناتجة عن استعمال أجهزة الطاقة التقليدية ، بالاضافة الى أعتبار هذه التقنية احدى الوسائل التى تساهم في المحافظة على سلامة البيئة وتوفير الجو الطبيعي للساكنين . ومن هذه الاعتبارات بات على المصممين اعتماد البيوت الخضر كجزء مهم من اجزاء المبنى واعتباره مصدر طاقة فعال يؤخذ بعين الاعتبار في سد جزء من حاجة الطاقة الكلية للمبنى . أن استعمال البيوت الخضر كأحدى التقنيات البسيطة لاتحتاج الى متخصصين لتركيبها وأستعمالها . أن مجال التطور المتوقع في البيوت الخضر محدود ولايتعدى تصميم الهيكل ونفاذية الغلاف الشفاف ومكان التركيب بالنسبة للمبنى

والاتجاه الجغرافي . ويعتبر الجدار الملاصق من أهم العناصر الرئيسية التي تساهم مساهمة فعالة في زيادة كفاءة اداء البيت الاخضر من ناحية اكتساب الحرارة من اشعة الشمس ونقلها وخزنها . ويمكن استعمال البيوت الخضر وهي ملحقة بقاعة مطعم او غرفة مطلة على حديقة كبيرة او دار استراحة او ورشات العمل وتستعمل كذلك في تغليف مداخل المباني والحدائق الداخلية في المناطق الباردة خصوصا. ويمكن ايضا استعمال البيوت الخضر في مباني دور الحضانة ورياض الاطفال والمدارس ودور المسنين والعجزة والمنشأءات الرياضية والمستشفيات ودور الثقافة والمشاريع السكنية والخدمية المختلفة .

ومن الجدير بالذكر ان هذا النوع من المنظومات يمكن اضافته الى اي مبنى دون الحاجة الى اجراء اي تغيرات مدنية او معمارية عند توفر بعض الظروف ومنها .

1 . توفر المساحة الكافية

2 . الواجهه الجنوبية تكون حرة

3 . عدم وجود عوائق طبيعية او اصطناعية امام الواجهة الجنوبية

ويمكن أن نستنتج الفوائد الرئيسية عند استعمال البيوت الخضر في تكييف المباني بما يلي :ـ

1 – أضافة جمالية وحركة معمارية لتصميم المبنى

2 – توفير طاقة نظيفة

3 – تقليل مصاريف الطاقة التقليدية

4 – تساهم في سلامة البيئة

5 – توفير فرص الاستمتاع بأعمال الزراعة والديكور وممارسة الرياضة داخل المبنى

6 – توفير الراحة النفسية للساكنين

7 – يمكن انتاج بعض المحاصيل الزراعية للاستهلاك المنزلي في أوقات مبكرة

8 – أضافة معلومات تقنية حديدة الى خبرة المجتمع

7 . 7 . منظومة الكسب المباشر لاشعة الشمس

هي احدى انواع منظومات النظام السلبي التي شاع استخدامها في التدفئة المباشرة للحيز المطلوب رفع درجة حرارته بواسطة اشعة الشمس (Direct Solar Gain) . وتعمل هذه المنظومة على استغلال مباشر لاشعة الشمس النافذة خلال سقف زجاجي او جدار زجاجي

يساعد على حبس اشعة الشمس النافذة خلاله وبالتالي يساعد على رفع درجة حرارة الحيز بعد فترة زمنية . وتتكون هذه المنظومات من فسحة زجاجية في سقف او واجهات المبنى كافية لاستقبال اشعة الشمس لتدفئة الحيز الداخلي بصورة مباشرة كما هو موضح في الشكل (7 . 18) . وتتميز هذه المنظومة ببساطة التصميم والانشاء وهي تحتاج عادة الى مساحة كافية في سقف او واجهات المبنى لاستقبال اشعة الشمس بعيدا عن تاثيرات الظلال الناتجة من المباني المجاورة خلال ساعات النهار . ويمكن استعمال بعض تصاميم المظللات الخارجية او الداخلية عند عدم الحاجة لاشعة الشمس . ويستعمل مثل هذه المنظومات في قاعات اللعب والمكتبات والمسابح المغلقة والمعامل والورش الصغيرة .

7. 8 . منظومة بركة الماء الشمسية السقفية

تستعمل منظومة بركة الماء الشمسية السقفية (Solar Water Roof Pond System) في المباني الصغيرة في المناطق المعتدلة المناخ . وتعمل هذه المنظومة على الكسب المباشر لاشعة الشمس وخزنها في الماء . وتوضع هذه المنظومة عادة على سطح المبنى المتكون من بركة ماء على شكل حوض معدني او خرساني بعمق معين وممتد على مساحة سطح المبنى ومملوء بالماء ويكون السطح الداخلي للحوض مطليا بلون اسود غامق غير لماع . ويستعمل نوع من انواع العازل الحراري كغطاء متحرك يمكن بواسطته تغطية سطح البركة عند اوقات الليل والنهار في فصلي الصيف والشتاء كما هو مبين في الشكل (7. 19) . يتم كشف البركة الشمسية لاستقبال اشعة الشمس خلال ساعات النهار وتتم عملية كسب وخزن الحرارة بالماء وانتقالها الى الحيز لغرض التدفئة . وبعد ساعات غروب الشمس تتم تغطية سطح البركة بواسطة العازل الحراري للاستفادة من الحرارة المخزونة في الماء للانتقال الى الحيز الداخلي للمبنى . وهذه العملية تتم في فصل الشتاء اما في فصل الصيف فيتم استعمال البركة الشمسية كوسيلة تبريد حيث يتم تغطية سطح البركة بالعازل الحراري اثناء النهار ويتم كشفها اثناء الليل لحدوث عملية التبخر وفقدان الحرارة الممتصة من داخل حيز المبنى . وتستعمل هذه المنظومة في مبنى مكون من طابق واحد وفي المناطق المعتدلة والنائية مثل نقاط الحدود ومحطات جمع المعلومات ... الخ .

7 . 9 . منظومة البناء المغلف المزدوج

تعتبر هذه المنظومة (Double Envelope Building) احدى انواع منظومات الكسب المباشر لاشعة الشمس . ويوضح الشكل (7 . 20) مبنى محاطا بغلاف من الجهة الشمالية والجنوبية والسقف والارضية ويشكل الزجاج الجزء الاكبر من الواجهة الجنوبية للغلاف . ويتم كسب اشعة الشمس المباشرة بواسطة الهواء الذي يدور بين الغلاف والمبنى وتنتقل الحرارة من الهواء خلال جدران المبنى الى الحيز الداخلي . ويتطلب استعمال مروحة دفع الهواء في اعلى الغلاف لتدوير الهواء بين السقف والجدران والارضية . ومن عيوب هذه المنظومة كونها خطرة من ناحية حوادث الحريق وتساعد على تكاثر الحشرات والطفيليات الضارة .

7 . 10 . الجمع بين المنظومات السالبة والموجبة

ومن الجدير بالذكر يمكن تكرار استعمال المنظومة السالبة او الموجبة وكذلك يمكن الجمع بين المنظومات السالبة والموجبة المختلفة المستعملة في المباني لكسب كمية الحرارة المطلوبة وتوفير التهوية الملائمة او التنويع في استعمال هذه المنظومات لتحقيق المظهر الجمالي للمبنى ، كما في الشكل (5 . 10) .

ويتوقع ان تشهد المنظومات السالبة مستقبلا يتحقق فيه تطور ملموس في الجوانب الميكانيكية والمعمارية وربما يتعدى ذلك الى ابتكار منظومات جديدة تشارك في توفير الطاقة اللازمة لتكييف المباني .

7 . 11 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الهواء الشمسية

تم التطرق سابقا الى العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الماء الشمسية بشيء من التفصيل وهذه العوامل تنطبق كليا على منظومات تسخين الهواء الشمسية القسرية والطبيعية على حد سواء . ولاتختلف في اساسياتها عند تركيب منظومات شمسية ذات سطوح تجميع لاشعة الشمس .

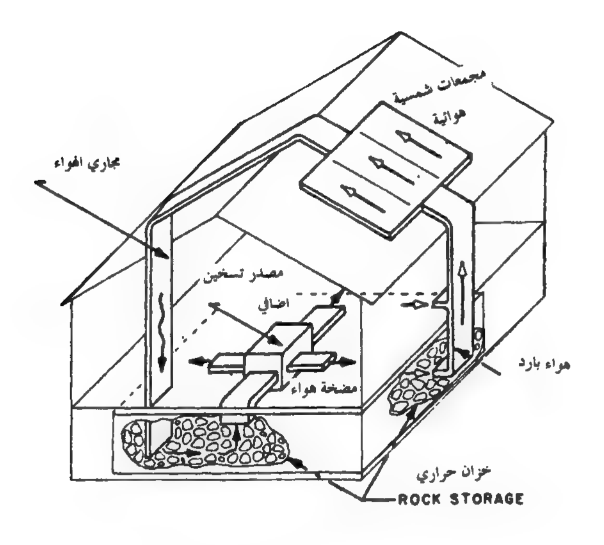
من الطبيعي ان يؤخذ بعين الاعتبار الموقع الجغرافي لتركيب المنظومة والابتعاد عن مسببات توليد الظل خلال ساعات النهار ومعالجة تيارات الهواء الباردة وسهولة الوصول الى المنظومة كلها عوامل مشتركة تدخل بصورة مباشرة في زيادة كفاءة الاداء الحراري للمنظومة المستخدمة . وهناك

عوامل اخرى تساعد على زيادة اداء المنظومة : منها المحافظة على تسرب الهواء من شبكة التوزيع وتغيير منقيات الهواء المستعملة في فترات محددة وكذلك التركيز على نوعية الهواء الخارجي الداخل الى المنظومة ومدى تأثير مسببات تلوث البيئة عليه وعدم تركيب فتحات سحب الهواء الخارجي قريبا من مصدر ملوث او مصدر اصوات غير مرغوبة .

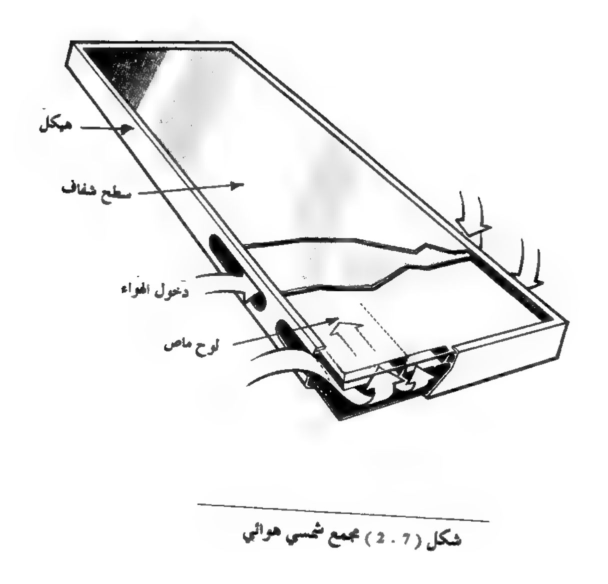
7 . 12 . مقارنة بين المنظومات الشمسية لتسخين الهواء وتسخين الماء

ان لمنظومات تسخين الهواء الشمسية بعض المزايا مقارنة بمنظومات تسخين الماء . من هذه المزايا عدم تأثرها بانخفاض درجات الحرارة إلى حد الانجماد وبالارتفاع الزائد للحرارة الى حد الغليان . وعدم حدوث حالات التسرب والتآكل التي تحدث عادة في منظومات تسخين الماء ويمكن معالجة حالات تسرب الهواء بسهولة تامة . ومن اهم عيوبها انها تحتاج الى مروحة هواء دافعة ذات قدرة عالية للتغلب على مقاومة الاحتكاك الحاصلة بين الهواء وشبكة مجاري توزيع الهواء . بالاضافة الى الحاجة الى حجم كاف لغرض مد شبكة مجاري توزيع الهواء وحجم كبير نوعما لغرض بناء الخزان الحراري . ويحدث غالبا صوت عال عند استعمال منظومات تسخين الهواء الشمسية القسرية بسبب تشغيل المروحة الدافعة وحركة الهواء في شبكة مجاري التوزيع . وتكون هذه المنظومات ذات كفاءة اداء اقل من منظومات تسخين الماء وذلك لقلة السعة الحرارية للهواء مما يسبب قلة كسب الحرارة من المجمع الشمسي وحدوث ظاهرة التدرج الحراري في طبقات المادة الخازنة للحرارة في الخزان الحراري للهواء . وتجابه منظومات تسخين الهواء المتنوعة مشاكل معمارية ومدنية عند تركيبها في المباني المشيدة ولكن لا توجد مثل هذه المشاكل عند تركيب منظومات تسخين الماء المتنوعة في المباني المختلفة . اما مزايا منظومات تسخين الماء الشمسية التي تستعمل الماء كمادة ناقلة للحرارة بين اجزاء المنظومة من المجمع الشمسي خلال الانابيب الى الخزان الحراري المعزول لخزن الماء الحار ، فيمكن تركيبها بسهولة جدا في المباني وكذلك ربطها الى منظومات التكييف المركزية والسخان المنزلي الكهربائي التقليدي . وتحتاج الى مضخة ماء ذات قدرة قليلة بالاضافة الى استعمال انابيب الماء التقليدية وسهولة تمديد الانابيب المعزولة بين اجزاء المنظومة وسهولة التركيب وعدم تعارضها مع الطابع المعماري للمبنى المستعملة فيه . ومن أهم عيوبها هي امكانية حدوث حالات من الانجماد والغليان والتسرب

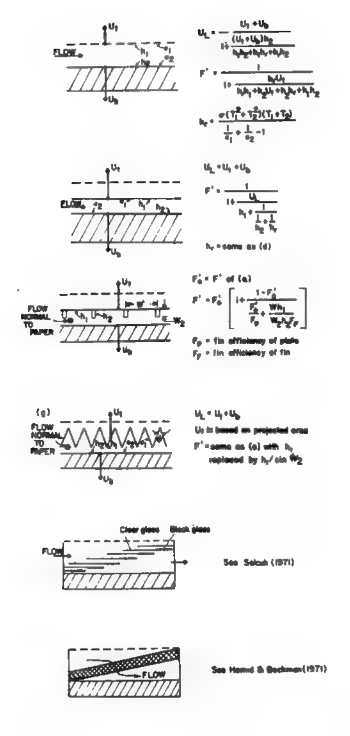
والصدأ والتكلس التي تحدث في الاجزاء كما انها غالية التكاليف مقارنة بمنظومة تسخين الهواء الشمسية . ولا تحتاج الى مكان واسع لتركيبها في المبنى . ولم يتم انتاج مجمعات تسخين الهواء الشمسية لغرض التسويق التجاري بصورة واسعة كما حدث ذلك في انتاج مجمعات تسخين الماء الشمسية . واما المنظومات السالبة التي ذكرت في اعلاه ، لم تكن هي الاخرى على مستوى الانتاج الكمي لعدم تحديدها بالمواصفات القياسية بل يتحكم فيها نوع وحجم وغاية ومكان استعمال المنظومة في المبنى .



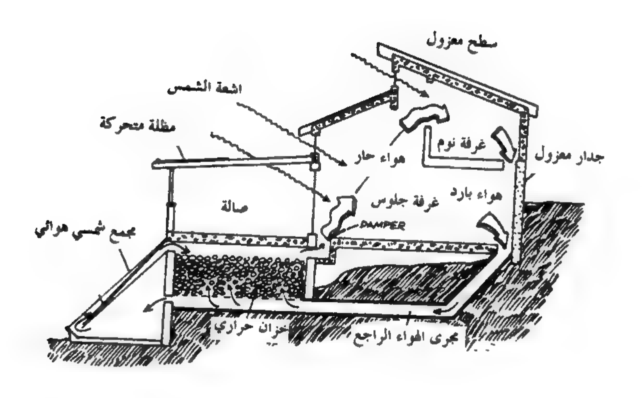
شكل (7 . 1) منظومة تسخين الهواء الشمسية القسرية



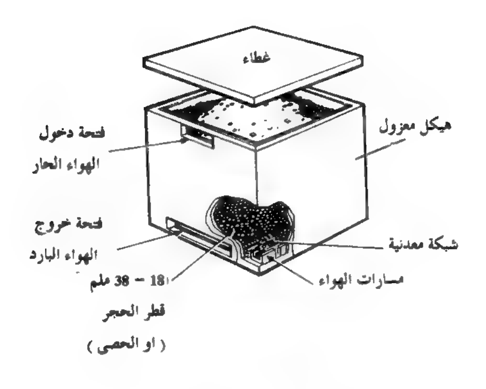
شكل (7 . 2) مجمع شمسي هوائي



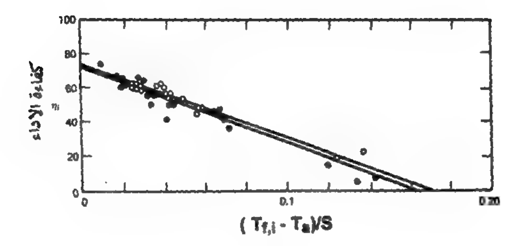
شكل (3 . 7) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الهواء



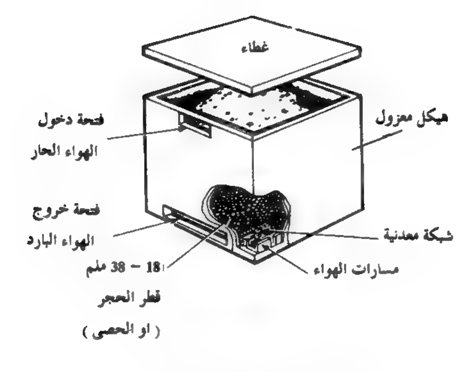
شكل (7 . 4) استعمال مباشر للمجمع الشمسي الهوائي في تدفئة المبنى



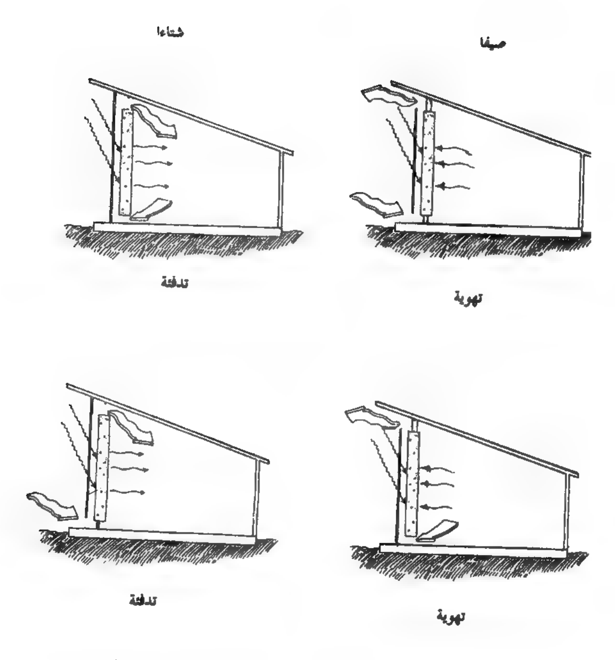
شكل (7 . 5) خزان حراري هوائي



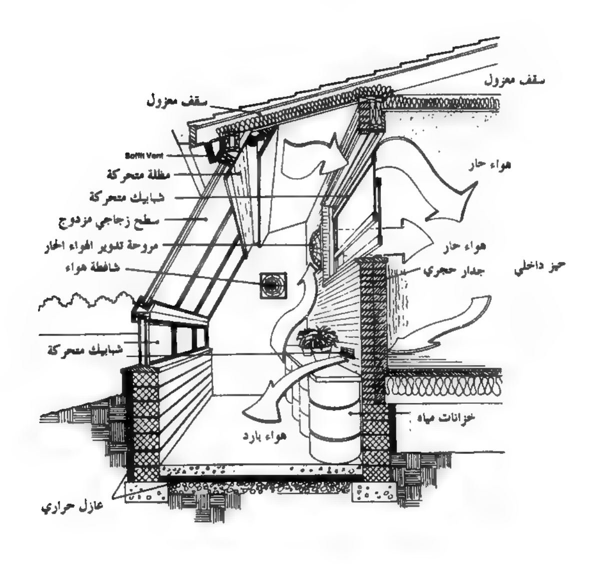
شكل (7 . 6) العلاقة بين كفاءة الاداء و $(T_{f,i} - T_a)/S$



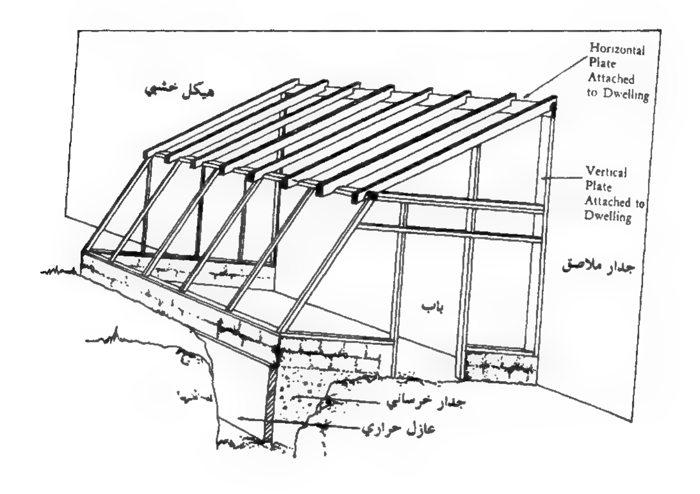
شكل (7 . 5) خزان حراري هوائي



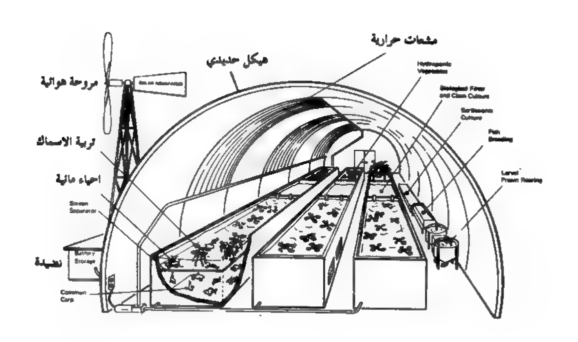
شكل (7 . 8) حركة الهواء في منظومة الجدار الحراري لموسمي الصيف والشتاء



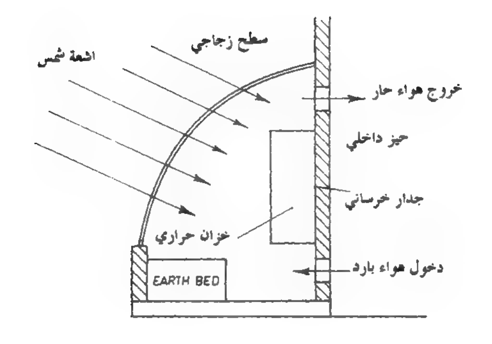
شكل (7 . 9) منظومة البيت الاخضر الملاصقة للمبنى



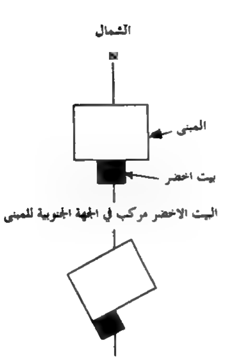
شكل (7 . 10) بيت زجاجي



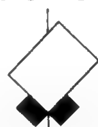
شكل (7 . 11) بيت بلاستيكي



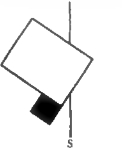
شكل (7 . 12) بيت زجاجي على شكل قوس



البيت الاخضر مركب على جهة المبنى المائل بزاوية اقل من 45 درجة

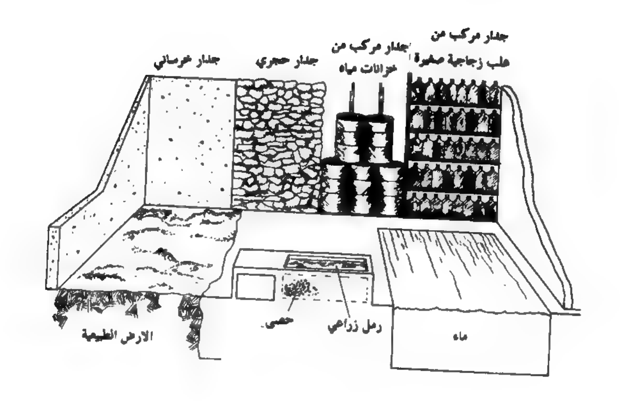


البيت الاخضر مركب على احدى جهات المبنى المائل بزاوية اقل من 45 درجة

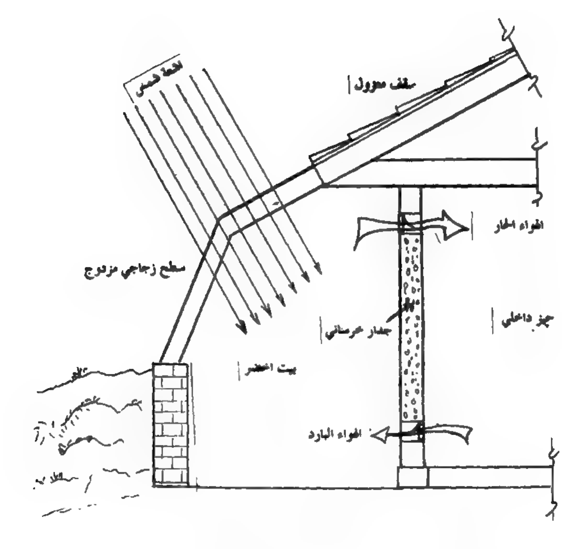


البيت الاخضر مركب في الجهة الغربية للمبنى المائل بزاوية اقل من 45 درجة

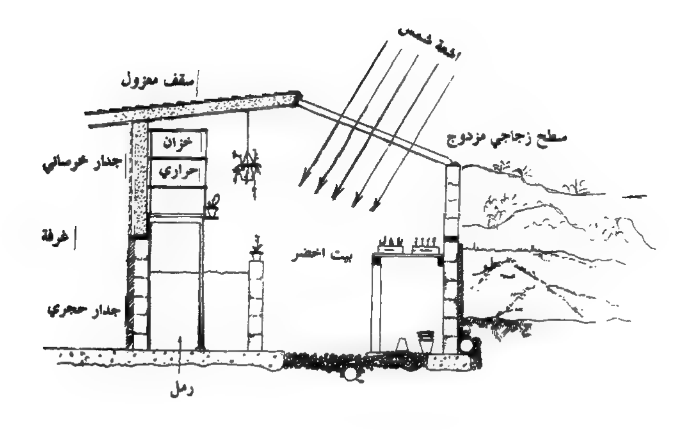
شكل (7 ـ 13) موقع تركيب البيت الاخضر بالنسبة للمباني



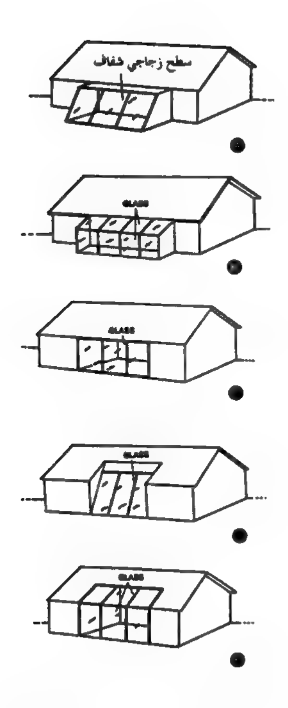
شكل (7 . 14) تصاميم متنوعة للجدار الملاصق



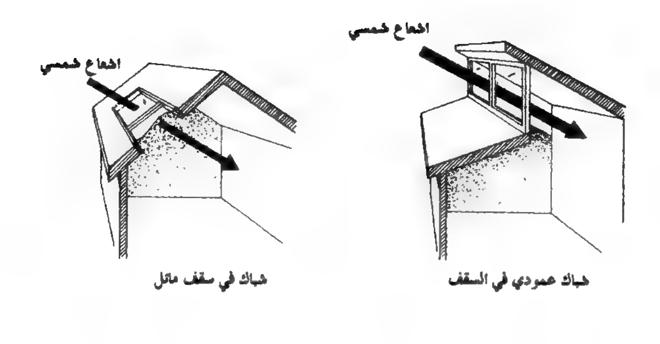
شكل (7 . 15) بيت اخضر شبه مدفون ملاصق للمبنى

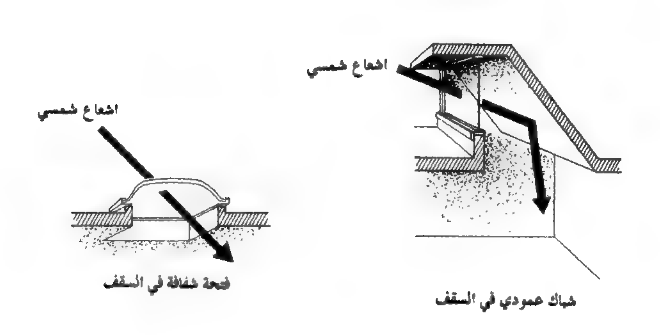


شكل (7 . 16) بيت اخضر مدفون ملاصق للمبنى

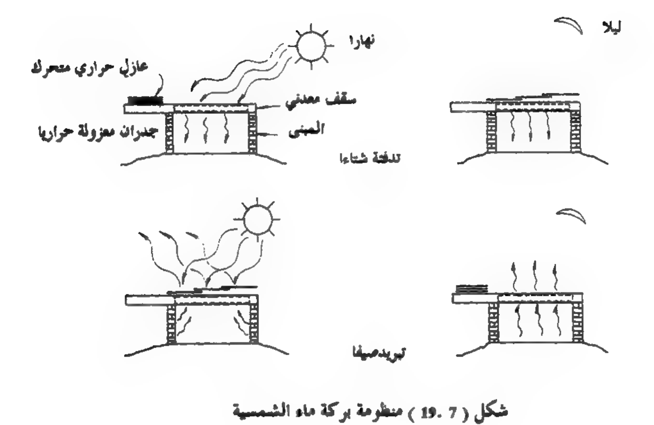


شكل (7 .17) استعمال بعض تصاميم البيوت الخضر في المباني

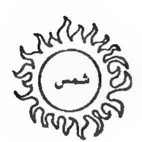


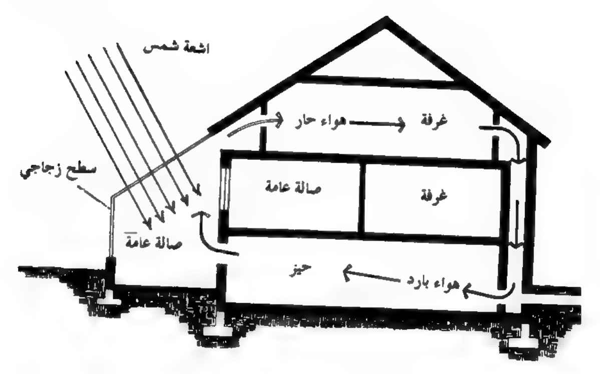


شكل (7 .18) بعض تصاميم منظومات الكسب المباشر لاشعة الشمس



شكل (7 .19) منظومة بركة ماء الشمسية





شكل (7 .20) منظومة البناء المغلق المزدوج

الفصل الثامن

عناصر التصميم المعماري

ان عناصر التصميم المعماري الخارجية للمبنى المتمثلة في اختيار مواد البناء والتشطيبات النهائية والالوان وتوزيع وتحديد مساحة الشبابيك وتصاميم المظللات الخارجية وزراعة المساحات المحيطة وعناصر التصميم المعماري الطبيعي الداخلية للمبنى المتمثلة في اختيار مفردات الديكور الداخلي من مواد والوان واثاث وانارة ونباتات زينة والعوامل المساعدة الاخرى ...الخ ، لها تاثير فعال على متطلبات حاجة المبنى لطاقة التكييف من ناحية وتوفير الجو الطبيعي للساكنين من ناحية اخرى . ويمكن التطرق الى اهم العناصر :

8 . 1 . توزيع الفراغات داخل المبنى

ان الاختيار الملائم لتوزيع الفراغات داخل المبنى من غرف النوم ومرافق خدمية وصالات جلوس ومطاعم له علاقة مباشرة في توفير مستوى الانارة ومعدل التهوية المطلوبة على مجموع الطاقة الكلية المستهلكة في التكييف والانارة . وعندما يكون هذا التوزيع ملائما ، يمكن الاستفادة من الحرارة المتولدة في بعض الفراغات وانتقالها الى الفراغات المجاورة ، وهذا سوف يساهم في توفير الجو الطبيعي داخل المبنى ويقلل استهلاك الطاقة المصروفة على التكييف كما في الشكل (8 . 1) .

8 . 2 . اختيار مساحة ونوع الشبابيك

تستعمل الشبابيك (النوافذ) عادة لاغراض الانارة والتهوية في المباني وتقع الشبابيك عادة في الواجهات الجنوبية لاستقبال اشعة الشمس لاغراض التدفئة المباشرة كما هو موضح في الشكل (8 . 2) . اخذ تصميم وطريقة بناء الشبابيك طابعا معماريا مميزا في المباني كلا حسب الموقع الجغرافي . وقد اصبحت هذه التصاميم وطرق البناء من الثوابت المتميزة المستخدمة في المباني وتختلف بطبيعتها من منطقة الى اخرى . وحدث تطور صناعي في صناعة الشبابيك بحيث تحقق الغاية المرجوة من استعمالها وملائمتها للظروف المختلفة . وقد استعملت في صناعة الشبابيك مادة الالومنيوم والبلاستيك المقوى لمنع حدوث تسرب للهواء واستعمال لوحات زجاجية منفردة في المناطق المعتدلة او

مزدوجة في المناطق الباردة . وهناك برامج جاهزة لحساب مساحة الشبابيك مع تحديد نوع المظللات المستعملة .

8 . 3 . اختيار تصاميم المظللات

منذ قديم الزمان استخدمت طرق عديدة ومتنوعة لتحقيق نسبة الظل في المباني والوقاية من تأثير اشعة الشمس المباشرة . ويستفاد من تأثير ظلال المباني العالية على المباني المجاورة عند وضع التصاميم الاساسية . ومن المظللات الثابتة الشائعة الاستعمال البروزات الافقية والجانبية والمحيطة بالابواب والشبابيك (Fins ، Overhang) كما في الشكل (8 . 3) . اما المظللات المتحركة فتثبت عادة على الشبابيك لكي يتم تحريكها لتحقيق نسبة الظل والانارة المطلوبة كما في الشكل (8 . 4) . كما توجد مظللات متحركة توضع امام مداخل المباني والابواب الرئيسية ويمكن تحقيق نسبة الظل المطلوبة في كل موسم من مواسم السنة ، كما في الشكل (8 . 5) . وعند دراسة المباني القديمة يمكن الوقوف على الطرق المعمارية المستعملة لتحقيق نسبة الظل المطلوبة . وكما اشرنا سابقا تتوفر برامج جاهزة لتحديد نوع وشكل وأبعاد تصاميم المظللات المرغوب استعمالها في المباني .

8 . 4 . تحديد الاضاءة الملائمة

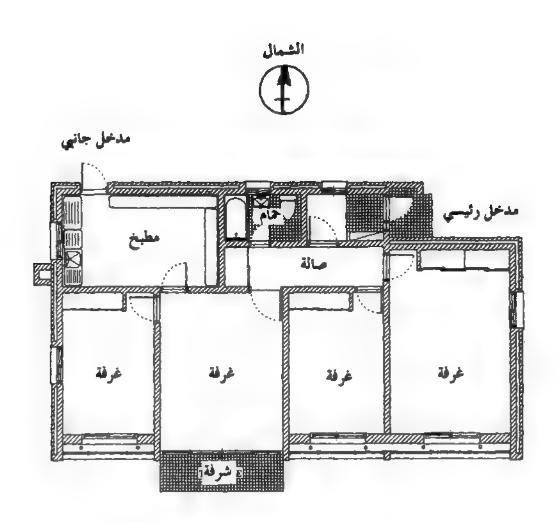
تعتمد شدة الاضاءة على نوع وطبيعة الاستخدام المطلوب في كل جزء من اجزاء المبنى . ان اغلب التصاميم المعمارية تعتمد شدة الاضاءة بحدود 25 – 30 واط / المتر المربع من المساحة الارضية . وتختلف شدة الاضاءة في غرفة النوم عنها في قاعة المطالعة او قاعة الاجتماعات . وتعتبر طرق الاضاءة الطبيعية والانارة الاصطناعية ومعداتها عناصر مشاركة ومكملة لعناصر التصميم الداخلي للمبنى وتساهم ايضا في حساب الاحمال الحرارية للمبنى .

يفضل استعمال طرق الاضاءة الطبيعية لتقليل الاعتماد قدر الامكان على الانارة الاصطناعية خلال ساعات النهار . وهذا سوف يساهم في توفير الراحة والجو الطبيعي في ممارسة الاعمال اليومية وتقليل تكاليف الطاقة المصروفة على الانارة . ويتطلب استعمال الانارة الاصطناعية في الفراغات والاماكن التي لايمكن ان تصلها الاضاءة الطبيعية وخلال ساعات غروب الشمس . ولهذا يتطلب استعمال الاضاءة الطبيعية والمتماثلة وتقدير مستوياتها المثالية للغرف والمحلات والاماكن المختلفة كلا حسب ظروف الاستعمال المنشودة . ويتطلب ايضا الحد من استعمال الاضاءة الطبيعية والانارة

الاصطناعية الزائدتين عن المستوى المطلوب لانهما سوف يشكلان احمال اضافية الى الحمل الحراري الكلي للمبنى ، بالاضافة الى تسبب مشاكل نفسية وعدم الشعور بالراحة . ويفضل استعمال الشمعات الطويلة (الفلورسنت) بدلا من المصابيح السلكية ومحاولة ضبط مستوى الانارة الخارجية واستعمال مصابيح ذات قدرات ملائمة ويفضل اتباع اوقات التشغيل المثالية والتنظيف الدوري .

8 . 5 . اختيار مواد الديكور

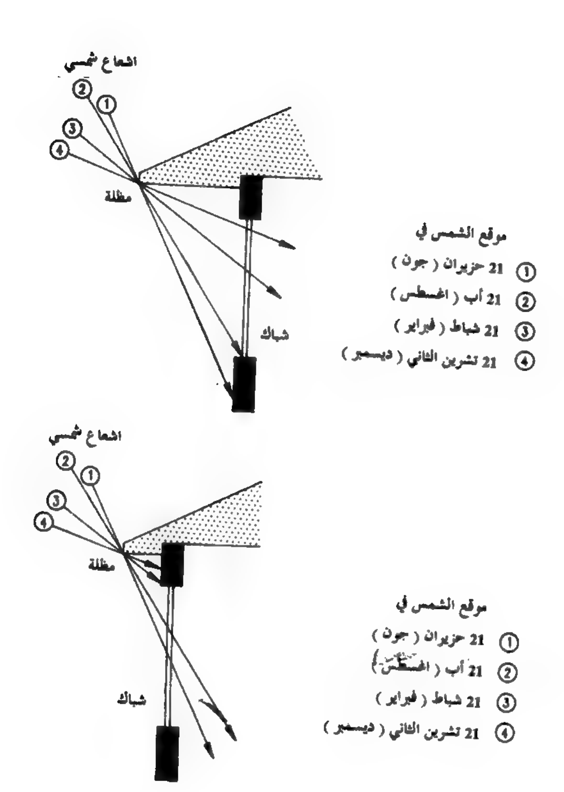
يعتبر الديكور (Decoration) احد الطرق الفعالة المعتمدة في تنفيذ التصاميم المعمارية للتعبير عن رغبات الساكنين في مبنى . ويمكن ان يتحقق الاسراف والمبالغة في تنفيذ تصاميم الديكور حسب نوعية الاستعمال المطلوب تحقيقه في تصميم ديكور المبنى . اعتمد المهندسون والمصممون استغلال الديكور كأحدى الوسائل المتاحة لترشيد الطاقة التقليدية خاصة في المباني التي تعتبر في الوقت الحاضر من العوامل الفعالة في هذا المجال . وتم استعمال مواد الديكور على السطوح الداخلية والخارجية للجدران والسطوح الداخلية للسقوف ، كما في الشكل (8 . 6) ، وفرش الارضيات بالسجاد كمواد عازلة للحرارة كما في الشكل (8 . 7) . ان توزيع ونوع الاثاث واختيار لون الاصباغ المستخدمة ستؤدي الى تحقيق أغراض توزيع الاضاءة الطبيعية وتهيئة المناخ الملائم داخل المبنى وتوفير الراحة النفسية للساكنين .



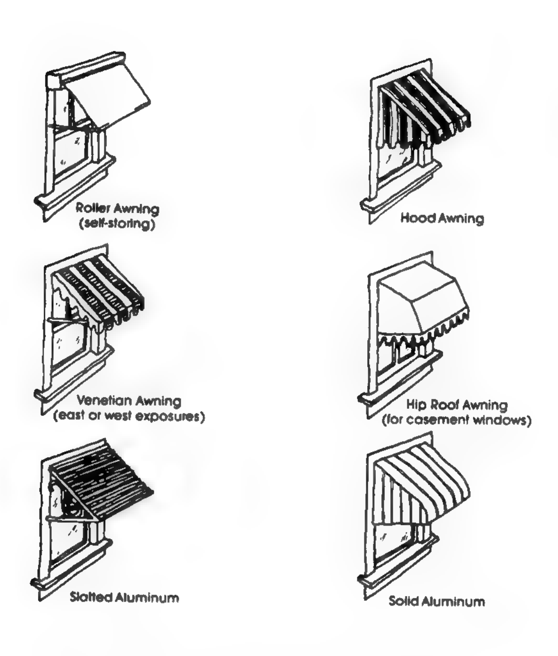
شكل (8 . 1) مخطط توزيع الفراغات في المبنى



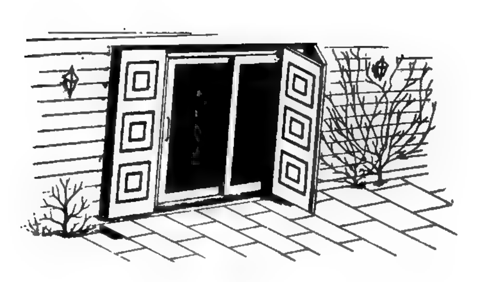
شكل (2 . 8) اختيار مساحة ونوع الشباك



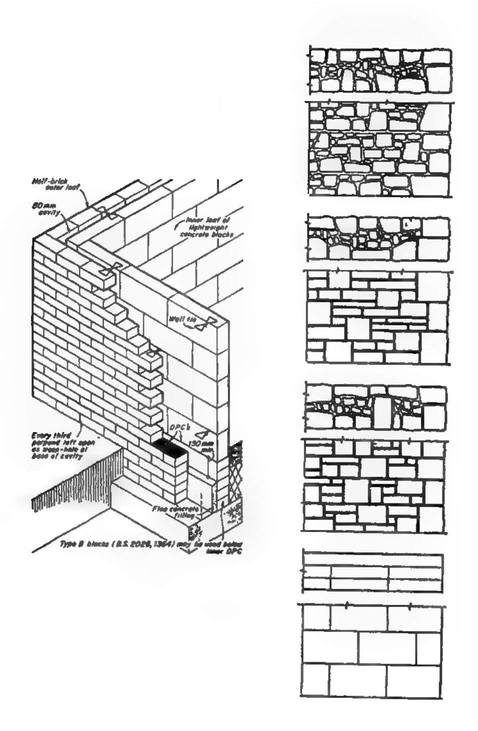
شكل (8 . 3) اختيار عرض المظلة فوق الشباك



شكل (8 . 4) بعض انواع المظللات المتحركة المثبتة على الشبابيك



شكل (8 . 5) مظلة مثبتة على الباب



شكل (8 . 6) تشطيب الجدران الداخلية والخارجية





شكل (8 . 7) استعمال بعض انواع المفروشات

الفصل التاسع

عناصر التكييف البيئي

يستفاد من توظيف عناصر التكييف البيئي كوسيلة للتقليل من الحمل الحراري للمبنى وبالتالي التقليل من مقدار الطاقة المستهلكة في أجهزة التكييف المستعملة . وتساهم هذه العناصر مساهمة فعالة في توفير الراحة الحرارية للساكنين بأقل تكاليف واطول ساعات ممكنة دون الاعتماد على تشغيل اجهزة التكييف . ان الشعور بالراحة التامة وبتكاليف قليلة في ظل جو طبيعي صحي له تأثيرات نفسية ايجابية مباشرة على الانسان وبالتالي زيادة قدراته في الانتاج والابداع . ومن أهم هذه العناصر :

9 . 1 . الاحوال الجوية

يتميز الانسان مثل جميع المخلوقات الحية بحساسية عالية بالطبيعة المحيطة به وذلك لدرجة ان البيئة سواءا كانت طبيعية او اصطناعية تؤثر تأثيرا مباشرا على مدى عطائه ، وهناك دراسات مختلفة تتناول علاقة الانسان بالبيئة وتوضح التأثير السلبي للاحوال الجوية السيئة على صحة الانسان النفسية .

وتشكل عوامل الطقس المتمثلة بالاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح في الموقع الجغرافي علاقة قوية تؤثر تأثيرا كبيرا على التصميم الداخلي للمبنى ، لان هذه العوامل تساهم مباشرة في التأثير على انتقال الحرارة والهواء من والى المبنى وتحديد مستوى التكييف المطلوب لراحة الساكنين في كافة اوقات السنة . لذلك يجب تجميع وتحليل معلومات الطقس لفترات معقولة على ان لاتقل عن خمس سنوات ووضعها تحت متناول المختصين عند وضع التصاميم المعمارية والميكانيكية ، وتحديد درجة الحرارة العظمى والصغرى ومعدل الامطار وقيمة الرطوبة النسبية ودراسة الاحوال الجوية ومعدل شدة الاشعاع الشمسي واتجاه وسرعة الرياح السائدة لكل اشهر السنة .

9 . 2 . العزل الحراري

يمكن تعريف العزل الحراري (Thermal Insulation) بأنه الوسيلة التي يمكن بواسطتها المحافظة على الطاقة من التسرب من والى الحيز سواء كان مبردا أو مدفئا . تستخدم لهذه الغاية مواد

خاصة تمتاز بعدم قابليتها على نقل الطاقة من خلالها وكلما ازدادت مقدرة مادة ما على حفظ الطاقة ازداد نفعها ومن هذه المواد الصوف الزجاجي والفلين والاسبستوس والخشب والمواد التكميلية (Decoration) ...الخ . ويمكن التعرف على نوع المواد العازلة المستعملة في مواد البناء للدور والعمارات وطريقة ومكان استعمالها وفائدتها واسعارها من الشركات المنتجة والمسوقة لها . ان ما يحدد استعمال المواد العازلة في المبنى هو الموقع الجغرافي للمبنى وطبيعة البناء ونوعية المواد المستخدمة فيه جودة التنفيذ . ومن الطبيعي ان تختلف تكاليف المواد العازلة بالنسبة لاختلاف الابنية ومتطلباتها من قدرة أجهزة التكييف المطلوبة . ومهما قلت أو زادت تكاليف استعمال المواد العازلة في البناء فأنها قليلة اذا ما قورنت بما ستقدمه من توفير في استهلاك الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد حيث أنها توفر ما بين 20٪ – 30٪ بالاضافة الى توفير الجهد المصروف على توفير الطاقة وخاصة البترول ومشتقاته والتقليل من تلوث البيئة . وتوضح الاشكال (3 . 8) و (3 . 9) و (3 . 10) استعمال المواد العازلة في بناء بعض أنواع الجدران واستعمال الطوب (الطابوق) والطوب الاسفنجي او الطوب المثقب او المجوف في بناء الجدران واستعمال المواد العازلة في تغليف الجدران من الداخل والخارج بمواد تكميلية وزينة (ديكور) عازلة . وكذلك يساهم استعمال المظللات الخشبية على النوافذ واستعمال النوافذ المزدوجة الزجاج ...الخ في تأمين العزل الحراري للمبنى .

9 . 3 . السيطرة على التسرب الحراري

يتم اكبر فقدان للطاقة عن طريق التسرب الحراري الذي يحدث غالبا بتسرب الطاقة بواسطة الهواء الحار أو البارد الى المحيط الخارجي من خلال شقوق الابواب والشبابيك (النوافذ) وفتحات التهوية وساحبات الهواء . يتم الكشف عن وجود التسرب الحراري بتقريب شمعة متقدة حول اطار الابواب والشبابيك فاذا تحرك لهب الشمعة كان دليلا على وجود تسرب هواء من تلك الشقوق . ولغرض التغلب على التسرب يمكن ملأ فراغات الشقوق او تغليفها بأستعمال شرائط مطاطية او مواد عازلة أخرى وهذا يتم عادة في البيوت والابنية القديمة . ويوضح الشكل (9 . 1) نسب الفقد الحراري الحاصلة في منزل سكني .

اما عند تنفيذ البيوت والابنية الحديثة فيجب استعمال الأبواب والشبابيك المحكمة الغلق التي تستعمل المطاط في اوجه التماس عند الأغلاق . اما التسرب الحراري الذي يحدث خلال الشبابيك الزجاجية فيتم بطرق أنتقال الحرارة بالتوصيل والحمل والأشعاع من والى داخل الغرف عبر الزجاج لذا

تستعمل ستائر سميكة ذات مواصفات جيدة من الداخل او استعمال الستائر والمظللات الخشبية او المعدنية المتحركة التي توضع على النوافذ (الشبابيك) والأبواب من الخارج كما هو موضح في الشكلين (8 . 5) و (9 . 2) . ان المبالغ الزهيدة المصروفة لمنع التسرب الحراري كفيلة بأن توفر ما يزيد عن 18٪ من كلفة التكييف المنزلي سواءا كان هذا التكييف تبريدا أو تدفئة .

9 . 4 . توفير التهوية الملائمة

يمكن تعريف التهوية (Ventilation) بانها عملية تغيير معدل كمية الهواء الموجود في الحيز لتوفير الجو الملائم للساكنين وذلك بتقليل درجة حرارة الحيز الذي يتم عن طريق طرد كمية من الحرارة بواسطة تيارات الهواء الحاصلة . وقد استعملت منذ القدم وسائل عديدة لتحقيق نسبة التهوية المطلوبة في المباني . حيث استعملت تقنيات عديدة منها الشبابيك وقناة البادكير (الملاقف) والفسحة الوسطية ومجاري الهواء الارضية وهوائيات الشبابيك والابواب وفتحات ساحبات الهواء الكهربائية وما شابه ذلك من تقنيات شاع استعمالها في المباني ، وكان اخرها استعمال منظومة الجدار الحراري لتوفير التهوية المطلوبة في فصلي الشتاء والصيف . وتم شرح ذلك في منظومة الجدار الحراري في الفصل (7) . وابسط تصميم كان مستعملا في المباني خاصة في مناطق شرق حوض البحر الابيض المتوسط هو البادكير ، المتمثل بقناة هوائية عمودية ممدودة طوليا في البناء من السطح الى الغرف ويعلوها غطاء مثلث او منحني يسمى الملقف مفتوح باتجاه الرياح الموسمية المرغوبة وفي الغرف توجد بوابة (او زعانف) لغلق وفتح مجرى الهواء ويمكن التحكم بواسطتها بنسبة التهوية المطلوبة ويوضح الشكل (9 . 3) نوعا من هذه التصاميم المستعملة في البناء . وتوجد طرق اخرى استعملت من قبل السكان للاستفادة من هبوب الرياح الموسمية ومنها على سبيل المثال المستعمل في جنوب شرق اسيا (الفلبين) حيث يبنى السكان منازلهم على ارتفاع 2 – 2.5 متر من مستوى سطح الارض ، كما في الشكل (9 . 4) . اما في المناطق الجبلية فقد عاش السكان في الشقوق والدهاليز والمغارات الجبلية . وقسم من السكان كان ينزل الى الوديان في اوقات الشتاء ويصعد الى الجبال في اوقات الصيف ، كما في الشكل (9 . 5) . ويمكن معرفة معدل التهوية المطلوب توفره في المباني المختلفة عند الاطلاع على الجداول الهندسية المستعملة في هذا المجال ، كما جاء في الجدول (4 . 11) .

9 . 5 . اختيار الموقع والاتجاه الجغرافي

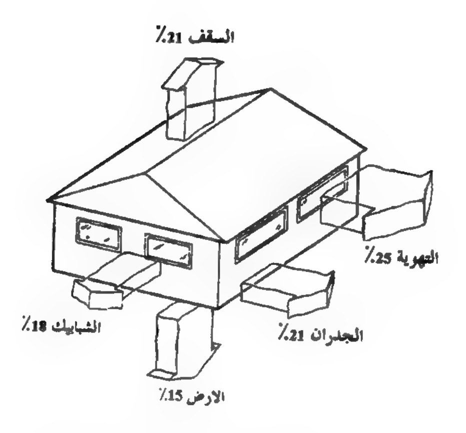
للموقع الجغرافي تأثير مباشر على تحديد مكان انشاء المباني . فعند دراسة الأرض واختيار الموقع الملائم لانشاء المبنى تؤخذ بعين الاعتبار المصدات الطبيعية المتوفرة ، وما يمكن اضافته الى واقع الأرض الطبيعية من مصدات اصطناعية وزراعة اشجار ، كما في الشكل (9 . 6) . وعند تصميم المبنى ينظر الى الموقع الجغرافي ومساحة الأرض المخصصة للبناء الذي يقام عليها وتأثير المباني المجاورة ومراعاة توجيه الواجهة الامامية للمبنى باتجاه الجنوب لاستقبال اكبر كمية من الاشعاع الشمسي في فصل الشتاء ومحاولة التغلب على مشاكل هبوب الرياح الموسمية الحارة والباردة . ان اختيار الموقع الجغرافي للمبنى يساعد على معالجة مشاكل الرياح ويساهم الاتجاه الجغرافي في الاستفاده من الاشعاع الشمسي وهما يؤديان الى تقليل احتياج الطاقة المطلوبة للتكييف ويساعدان على توفير الجو الطبيعي داخل المبنى على حد سواء .

9 . 6 . مصدات الرياح

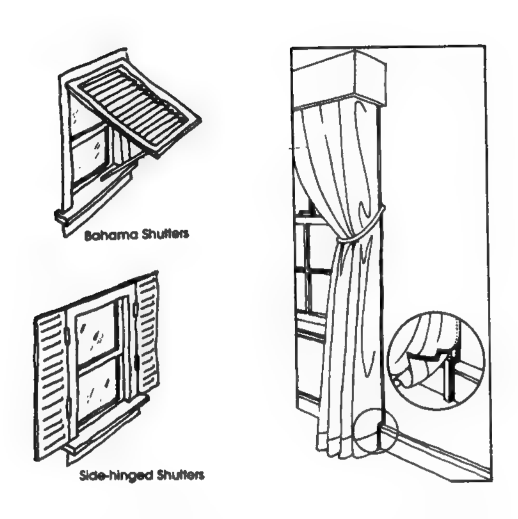
تعرف مصدات الرياح بالعوائق التي تحمي المباني من تاثير هبوب الرياح الموسمية . ويمكن حصرها بالمصدات الطبيعية والاصطناعية . وعند اختيار الموقع الجغرافي للمبنى تتم ملاحظة الارض الطبيعية وتحديد الهضاب والمرتفعات وجعلها كمصدات طبيعية بوجه الرياح الموسمية المؤثرة على المبنى . وتقام في بعض الاحيان مثل هذه المصدات الاصطناعية لتحقيق هذه الغاية وزيادة من جمالية المنطقة . ويمكن زراعة الارض المجاورة للمبنى باشجار دائمة الخضرة في الجهة الشمالية لكي تعمل كمصدات للرياح الشتوية الباردة . وزرع اشجار نفضية في الجهات الغربية والشرقية حتى تكون مصدات الرياح الموسمية والسماح للاشعة الشمسية الدافئة من المرور خلالها عندما تتساقط اوراقها في فصل الشتاء ، كما في الشكل (9 . 7) . ويتم توزيع المباني بصورة تتلائم مع الموقع الجغرافي للمنطقة المراد وضع التصاميم الاساسية لها بحيث تتم ملاحظة طبيعة المنطقة وعلاقتها بشدة واتجاه الرياح الموسمية على مدار السنة .

9 . 7 . زراعة النباتات

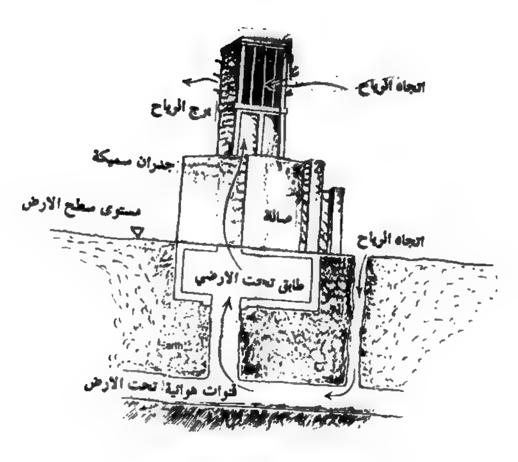
كما تم شرحه في اعلاه ، يمكن استعمال النباتات في التحكم في الجو المحيط بالمبنى عن طريق المساهمة في تنظيم حرارة الجو والرطوبة النسبية والاشعة الشمسية وحركة الهواء ومستوى الاضاءة ، كما في الشكل (9 . 8) . ان زراعة الاشجار الموسمية تساعد في الحماية من اشعة الشمس المباشرة الساقطة على المبنى . وتعمل النباتات المتسلقة على تغطية الجدران وحمايتها من التعرض المباشر لاشعة الشمس وتساعد ايضا على انعكاس الاشعة وعدم وصولها للجدران . وتتم زراعة الارض المجاورة بنباتات زهرية موسمية حتى تكون مصدر انعاش وترطيب وتوفير الرطوبة المناسبة في الجو . وفي داخل المبنى تعمل نباتات الزينة على تلطيف الجو فهي تطلق الاوكسجين والرطوبة في الهواء وتمتص ثاني اوكسيد الكاربون وتصفي الجو من الغبار . ومن الممكن استعمال النباتات في تحديد حركة الهواء ومستوى الاضاءة في داخل فضاءات المبنى ايضا . وهناك تطبيق تقني اخر للنباتات وهو تقليل السطوح الناتجة عن الاضاءة الطبيعية والصناعية على حد سواء وخاصة عند استعمال النباتات ذات الاوراق الداكنة اللون .



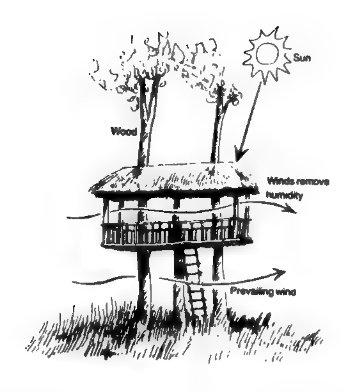
شكل (9 . 1) النسب المئوية للتسرب الحراري في منزل سكني



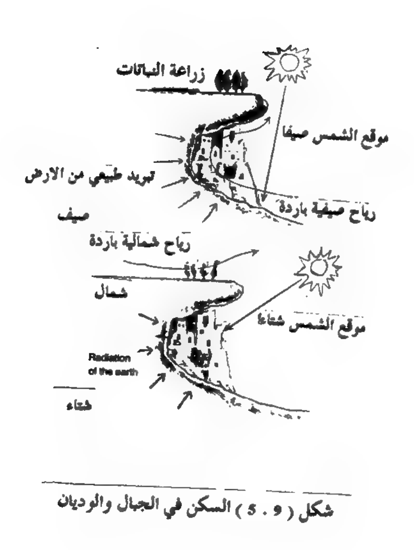
شكل (9 . 2) استعمال الستائر والمظللات على النوافذ (الشبابيك)



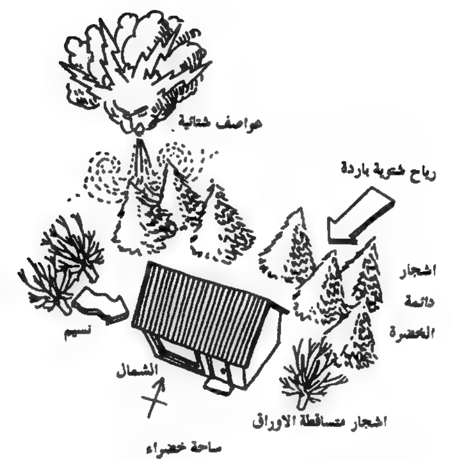
شكل (9 . 3) منظومة التهوية في المبنى



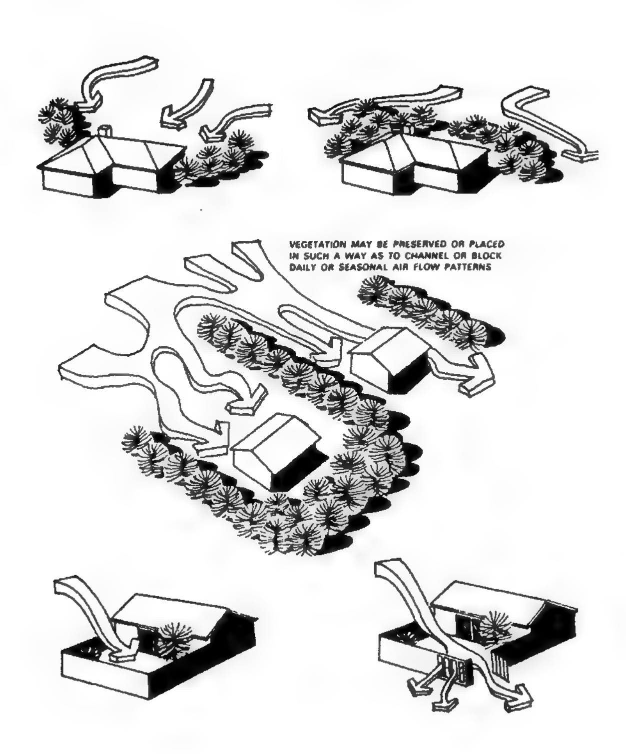
شكل (9 . 4) مبنى سكني من جنوب شرق اسيا (الفلبين)



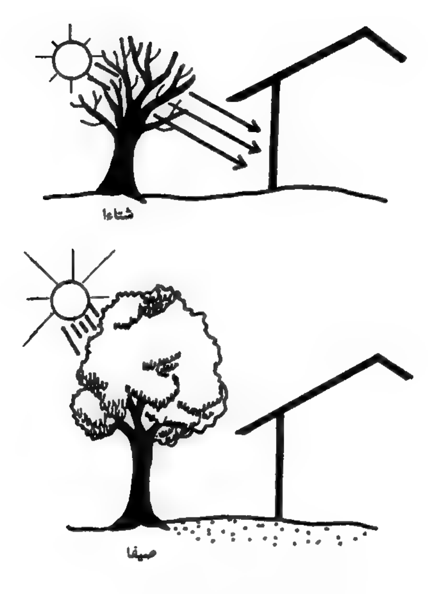
شكل (9 . 5) السكن في الجبال والوديان



شكل (٩ . ٦) الموقع الجغرافي وتأثير الظروف الجوية على مبنى سكني



شكل (٩ . 7) بعض امثلة مصدات الرياح



شكل (٩ . ٨) زراعة النباتات حول المبنى

الفصل العاشر

استخدام الطاقة الشمسية في المباني

تتميز الطاقة الشمسية بغزارتها وتوفرها في كل مكان . ولو أمكن أستغلال جزء قليل من الطاقة الشمسية لاعطت للعالم مايعادل أحتياجاته للطاقة من جميع المصادر ، ولكن المشكلة تكمن في أن الاشعاع الواصل الى الآرض أقل بكثير من الاشعاع المنبعث من الشمس نتيجة تأثيرات عناصر الجو والظروف المناخية التي يتعرض لها الاشعاع أثناء مساره الى الارض . أضافة الى صعوبة أمكانية جمع كافة الطاقة الشمسية الواصلة الى الارض من الناحية العملية للتعويض الكامل عن مصادر الطاقة التقليدية .

وعلى أساس التكنولوجيا الحالية والمتطورة في المستقبل القريب فأن السوق الاساسي المحتمل للطاقة الشمسية والمهيأ في أخذ الصدارة في مجال التطبيق العملي هو في مجالات تسخين المياه وتكييف المباني المختلفة وتحلية المياه وتوليد الكهرباء في بعض التطبيقات الضرورية رغم أرتفاع تكاليفها الاولية . أن هذه التطبيقات تشكل نسبة لاباس بها للتعويض عن مصادر الطاقة التقليدية .

أن استخدام الطاقة الشمسية في المباني يقلل بالاساس أستعمال الطاقة التقليدية التي تتغير اسعارها العالمية عاما بعد عام وبنسب متفاوتة وكذلك يقلل من نسبة التلوث في الجو ومن نسبة الحوادث المتسببة من جراء أستعمال أجهزة الطاقة والوقود التقليدية ويوفر الجو الطبيعي الصحي ويزيد من التأثيرات النفسية الايجابية على شاغلي المباني التي تستخدم الطاقة الشمسية . أضافة الى كل ماتقدم فأنه سوف يضيف تكنولوجيا جديدة ومتطورة الى خبرة المجتمع في هذا الاختصاص المهم مع عدم الحاجة الى قدرات فنية متخصصة للقيام بتركيب وتشغيل وصيانة أجهزة الطاقة الشمسية .

وكما أسلفنا أن أبسط أستخدام للطاقة الشمسية في المباني يكون على ثلاث محاور هي :-

10 . 1 . أستعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني المشيدة سابقا

أن الخطوة الاولى التي يقوم بها المهندس المختص هي دراسة التصميم الاساسي وخصوصية وحاجة الاستعمال المطلوبة للمبنى ، ثم تحديد ما يمكن أضافته من منظومات الطاقة الشمسية الملائمة للتصميم الاساسي بحيث لاتتعارض هذه المعالجات مع المظهر المعماري والاستعمال المطلوب في

المباني . أن أبسط هـذه المعالجات تتم بأضافة منظومات تسخين الماء الشمسية وأستعمال العازل الحراري لانابيب الماء الحار وتركيب مواد الديكور على الجدران الداخلية وأجراء بعض التحويرات على النوافذ في الواجهات الجنوبية لكي تعمل عمل الجدار الحراري مثلا . يوضح الشكل (10 . 1) استخدام صفوف من المجمعات الشمسية في منظومة تسخين الماء الشمسية لتزويد الماء الحار للاستعمال المنزلي في عمارة سكنية قديمة متعددة الطوابق . ويمكن ايضا التقليل من مساحات النوافذ وأستعمال الستائر وألوان الاصباغ الملائمة أو يمكن أضافة المظللات الخارجية الثابتة أو المتحركة وزراعة بعض الاشجار دائمة الخضرة والنفضية لتكون مصدات للرياح الموسمية . وتوجد أمثلة حية عديدة مطبقة في مناطق من العالم ومنها في عالمنا العربي على سبيل المثال في الاردن والعراق .

10 . 2 . أستعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي هي قيد الانشاء

تتم دراسة المباني التي هي قيد الانشاء التي وصلت فيها نسبة أنجاز قليلة أو متقدمة وأضافة ما يمكن أضافته من منظومات الطاقة الشمسية في تلك المرحلة او المراحل القادمة في عملية البناء المستمرة . ويمكن التدخل في المراحل غير المنجزة بأضافة بعض أجزاء المنظومات الشمسية التي لها علاقة بمواد البناء واجراء تغييرات جزئية قد تشمل تمديدات أنابيب الماء أو مجاري الهواء او الاسلاك الكهربائية ..الخ . كل هذه الاضافات والتعديلات التي تجري أثناء مراحل التنفيذ ليس لها تاثير يذكر على المظهر المعماري الكلي للمبنى أو تقسيمات الفراغات وتصاميم الديكورات الداخلية . وتوجد أمثلة على ذلك في مناطق عديدة من العالم .

10 . 3 . أستعمال الطاقة الشمسية في المباني التي تشيد مستقبلا

يمكن أستعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي تصمم خصيصا للاقتصاد الجزئي أو الشبه الكلي في أستعمال الطاقة التقليدية . ولهذا الغرض يعطى دور هام لمشاركة منظومات الطاقة الشمسية في التصميم المعماري وذلك عن طريق تهيئة المعلومات المطلوبة وعرضها على المهندسين المعماريين والميكانيكيين ومختصي البيئة . ومن هذه المعلومات الاساسية درجات الحرارة والرطوبة النسبية والاشعاع وسرعة اتجاه الرياح وكذلك الحالة الاجتماعية والموقع الجغرافي للبناء مع الاساسيات المحددة لمتطلبات الاستعمال التي تؤخذ بعين الاعتبار عند وضع التصاميم المعمارية والميكانيكية . وعند دراسة هذه الامور مجتمعة يتم وضع التصاميم الملائمة وعندها تظهر نسبة مشاركة الطاقة الشمسية من

النسبة الاجمالية المطلوبة للطاقة التقليدية وأنواع وأحجام المنظومات المشاركة في التصميم . وفي هذه الحالة سوف تكون لاستعمال منظومات الطاقة الشمسية تكاليف أضافية على تكاليف البناء الاولية وكما أسلفنا سوف تسترد هذه التكاليف من الاقتصاد في أستعمال الطاقة التقليدية واجور صيانتها . ان تكاليف منظومات الطاقة الشمسية تبدو لاول وهلة باهضة الثمن ولكن عندما تتوفر الامتيازات المتحوذة في المبنى المتمثلة في توفير الجو الطبيعي الصحي والارتياح النفسي وعدم وجود متاعب صيانة للمنظومات المستعملة وتقليل مصروف الطاقة فانها ستغطي بالتاكيد هذه التكاليف وعلى مدى فترات قد تقصر معتمدة على نسبة مشاركة الطاقة الشمسية في تصميم المبنى . وهناك امثلة عديدة في العالم والدول العربية ومنها البيوت الشمسية التي تم انشاؤها في كل من العراق والاردن والسعودية والكويت والجماهيرية الليبية .

10 . 4 . استعمال منظومات التكييف المركزية الشمسية في المباني

يعتبر تكييف المباني بواسطة منظومات التكييف المركزية الشمسية احدى التقنيات المعول عليها في مجالات تطبيقات التحويل الحراري للطاقة الشمسية . ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية لتوفير الجو الملائم في المباني او توفير درجات الحرارة المطلوبة في المخازن المبردة ، اصبح الان في مجال التطبيق العملي الواسع خاصة في المناطق النائية والمناطق التي لاتنتج الوقود التقليدي وتتمتع بمعدلات عالية من شدة الاشعاع الشمسي وساعات سطوع شمس طويلة . يتم تحويل الاشعة الشمسية بطريقة التحويل الحراري بواسطة المجمعات الشمسية المستعملة الى حرارة . ولذلك فان الخيار الطبيعي لاستغلال هذه الحرارة كطاقة داخلة هو لتشغيل المنظومة الامتصاصية التبخيرية الشمسية (Solar Absorption Refrigeration System) . وعند استعمال هذه المنظومات تظهر العلاقة بين الطاقة المطلوبة لتشغيل الاجهزة وتوفر كمية كافية من الطاقة الشمسية لسد هذه الحاجة دون الاعتماد على الطاقة التقليدية في اغلب ايام السنة . ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية يعود لأغراض اقتصادية تعطي مردوداتها بعد فترة تشغيل طويلة . وهذا مايحدث في المناطق التي لاتتوفر فيها الطاقة التقليدية و/أو ارتفاع اسعارها وتوفر الطاقة الشمسية مما يجعل استعمال هذه المنظومات اقتصادية رغم ارتفاع اسعارها وتكاليفها الأولية .

ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية يتم في مجالين رئيسين هما :

اولا : تكييف المباني

استعملت هذه المنظومات في تكييف مباني رياض الاطفال ودور النقاهة والمستشفيات ودور الضيافة والمنتديات الرياضية لتوفير الجو الطبيعي والراحة النفسية فيها دون الاهتمام الى التكاليف الاولية الباهضة لهذه المنظومات والمباني المستعملة فيها .

ثانيا : مخازن التبريد لحفظ الاغذية والمستلزمات الطبية

تستعمل هذه المخازن في المناطق النائية لحفظ الاغذية والمستلزمات الطبية لفترات زمنية طويلة منعا لتلفها . وتقام مثل هذه المخازن في المناطق الزراعية والريفية التي تشكو من عدم توفر امكانية التسويق الزراعي السريع وعدم توفر الخدمات الطبية وقلة شبكات الطرق ووسائل النقل المختلفة وصعوبة توفير مصادر الطاقة . ويعتبر استعمال هذه المخازن احدى الوسائل الفعالة في تأمين الامن الغذائي ورفع المستوى الصحي للمجتمع .

تشارك منظومة الطاقة الشمسية المتكونة من المجمعات الشمسية (المستوية او المركزة) والخزان الحراري ومجموعة الانابيب والمضخات والمسيطرات الحرارية ضمن التصميم الميكانيكي لمنظومة التكييف المركزية المستعملة في المبنى . ويمكن تحديد نسبة مشاركة منظومات الطاقة الشمسية في عمل منظومة التكييف المركزية ، وقد تكون عالية في بعض الاحيان مستندة على عوامل عديدة . وعند عدم توفير كمية الاشعاع الشمسي المطلوب لتشغيل المنظومة وتوفير الماء الحار في بعض الاوقات من السنة ، يضطر الى استعمال احدى مصادر الطاقة التقليدية للتعويض عن عدم كفاية مشاركة الطاقة الشمسية في تلك الاوقات وخاصة في فصل الشتاء القارص والايام الغائمة .

ان المنظومات المستخدمة في هذا المجال هي المنظومات الامتصاصية التبخيرية (Absorption Refrigeration) ويستعمل عادة فيها محلول سائل مركب من مادتين (الماص والمبخر) (Refrigerant and Absorbant) كمادة ناقلة للحرارة بين اجزاء المنظومة . ويوجد نوعان من هذا السائل وهما (أمونيا – ماء) (Ammonia - Water) و (بروميد الليثيوم – ماء) (Lithium bromide - Water) ويستعمل المحلول الاول في التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة عالية أما المحلول الثاني فيستعمل في التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة معتدلة يمكن في جميع الاحوال تحقيقها بواسطة المجمعات الشمسية المائية المستوية . لقد شاع استعمال الوقود المتوفر من الغاز او الكهرباء في الغلايات (Boilers) لتوليد الحرارة المطلوبة لتشغيل المنظومات الأمتصاصية التبخيرية

التقليدية . اما في المنظومات الأمتصاصية التبخيرية الشمسية فأنها تعمل باستخدام الحرارة المتولدة من المجمعات الشمسية بدلا من الغلايات الغازية والكهربائية ، وفي الوقت الحاضر شاع استعمال المنظومات الأمتصاصية التبخيرية التي تستخدم محلول (بروميد الليثيوم – ماء) (Lithium bromide-Water) الملائمة في تطبيقات الطاقة الشمسية في هذا المجال التي تحتاج الى درجات حرارة أقل من المنظومات التي تستعمل محلول (امونيا – ماء) (Ammonia - Water) . ويمكن شرح عمل المنظومة الامتصاصية التبخيرية الموضحة في الشكل (10 . 2) ، التي تستعمل محلول سائل (بروميد الليثيوم – ماء) يعمل الماء كمائع تبريد (Refrigerant) وتعمل مادة بروميد الليثيوم (Lithium bromide) كمائع ماص (Absorbent) . ويبدا عمل الدورة عندما يكون المحلول السائل في داخل المولدة (Generator) قد سخن الى درجة حرارة (77) مئوية بواسطة الماء المسخن القادم من صفوف المجمعات الشمسية المستوية او المركزة المستعملة في المنظومة . وتقوم هذه المجمعات بتزويد الحرارة المجمعة الى المبادل الحراري (Heat Exchanger) داخل المولدة (Generator) التي يتم في داخلها انتقال الحرارة من سائل تجميع الحرارة الشمسية الى المحلول السائل المستعمل في منظومة التكييف . ونتيجة لانخفاض الضغط داخل المولدة فان الماء الموجود في المحلول السائل يتحول الى بخار . وهذا البخار يتوجه الى المكثف فيبرد ويكثف الى سائل ماء بدرجة حرارة (38) مئوية بواسطة المبادل الحراري (Heat Exchanger) الموجود داخل المكثف . وهذا السائل يمر عبر صمام التمدد (Expansion Valve) وعند ذلك يعود جزء منه فيتبخر مكونا محلول بخار – سائل ، ويمر هذا المحلول خلال ملفات المبخرة (Evaporator Coils) في درجة حرارة حوالي (4) مئوية . وعند مرور الهواء الحار القادم من المبنى لغرض التبريد داخل ملفات المبخرة تتم بذلك عملية ازالة الحرارة والرطوبة من الهواء . وبذلك تتم عملية تبريد الهواء الراجع لغرض تبريد المبنى . وبعد ذلك فان المحلول (ونعني الماء في هذا الجزء) يدور في ملفات المبخرة وقد امتص الحرارة من الهواء الحار القادم من المبنى ، يعود راجعا الى الممتصة حيث يكون سائل التبريد الماء (Refrigerant) قد امتزج مع محلول بروميد الليثيوم المكثف القادم من المولدة في درجة حرارة (38) مئوية . وعندما تتم عملية اكتساب الحرارة بواسطة المحلول ينتقل الى الممتصة (Absorber) . وهناك سيكون المحلول السائل مخلوطا مع محلول مركز من (بروميد الليثيوم) (Lithium bromide) الراجع من المولدة في درجة حرارة (38) مئوية . وعند عملية امتزاج المحلول داخل الممتصة (Absorber) يفقد المحلول الحرارة اليها . ويتم التخلص من هذه الحرارة بواسطة الماء القادم من برج التبريد وعند ذلك يضخ المحلول

البـارد الى المولـدة لتعـاد العمليـة الامتصاصيـة مـرة اخـرى وهكـذا تتـم عمليـة تـبريد الهواء المستمرة في المنظومة .

وحسب ما تم الحديث عنه سابقا بأن تكاليف منظومات التكييف المركزية بالطاقة الشمسية مرتفعة جدا وقد تصل اثمانها من 4 – 6 امثال اثمان منظومات التكييف التقليدية وذلك بسبب استعمال مجمعات شمسية بمساحة كافية لتجميع الطاقة الشمسية بالكمية المطلوبة وتحويلها الى حرارة للاستعمال المباشر او غير المباشر عند خزنها في خزان الماء الحراري الكافي لتشغيل المنظومة في ساعات الليل او الفترات الغائمة في النهار . ويمكن ان يكون حجم الخزان كبيرا كافيا لتشغيل المنظومة الى يومين او ثلاثة ايام معتمدا على الطاقة المخزونة فيه . وكذلك يعود ارتفاع اثمان هذه المنظومات الى استعمال مضخات ومسيطرات حرارية وكهربائية واستعمال انابيب ومواد عازلة جيدة وملحقات متفرقة للمساعدة في زيادة كفاءة اداء المنظومة والاستفادة من الطاقة الشمسية والطاقة المخزونة قدر المستطاع . ولغرض تقليل تكلفة هذه المنظومات يمكن ان تحسب مساحة المجمعات الشمسية المثلى ومنها يمكن تحديد حجم خزان الماء الحراري المستعمل في المنظومة القادر على تشغيل المنظومة في اغلب ايام السنة بالظروف المريحة ماعدا الايام الباردة والحارة جدا التي لاتستطيع المنظومة توفير الظروف المريحة داخل المبنى . وفي هذه الحالة يمكن الاستعانة بالاجهزة التقليدية بصورة موقتة للتعويض عن النقص الحاصل في أداء منظومة التكييف الشمسية .

يمكن حساب مساحة المجمعات الشمسية المثلى وحجم خزان الماء الحراري المناسب في منظومة التكييف المركزية الشمسية بالخطوات التالية :

1 . حساب الاحمال الحرارية (للتدفئة والتبريد) لشهر كانون الثاني من فصل الشتاء وشهر حزيران من فصل الصيف .

2 . استعمال المعادلات (10 . 1 و 10 . 2) لحساب مساحة المجمعات الشمسية وحجم خزان الماء الحراري لاحمال التدفئة والتبريد بموجب زوايا ميل المجمعات الشمسية شتاءا وصيفا على التوالي :

$$A_C = \frac{Q_L \cdot \alpha}{I_T \cdot \eta_{sc} \cdot (1 - L_p)} \quad \text{.......... } (1.10)$$

$$V = \frac{I_T \cdot \eta_{sc} \cdot A_C \cdot (1 - L_p) - Q_{LT}}{(T_{end} - T_s) \cdot \rho \cdot C_p} \quad \text{........ (2.10)}$$

حيث ان

A_C مساحة المجمعات الشمسية (m^2)

Q_L طاقة الحمل الحراري المطلوبة (kW/day)

α نسبة مشاركة الطاقة الشمسية (0.8)

I_T الاشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل ($kW/ m^2.day$)

η_{sc} كفاءة المجمعات الشمسية اليومية (0.35)

L_p نسبة فقدان الحرارة من الانابيب وخزان الماء الحراري والملحقات (0.15)

V حجم خزان الماء الحراري (m^3)

Q_{LT} الحمل الحراري الكلي خلال فترة اوقات تجميع الحرارة (kW/day)

Tend درجة حرارة خزان الماء الحراري في نهاية فترة تجميع الحرارة (°C)

Ts درجة حرارة خزان الماء الحراري في بداية فترة تجميع الحرارة (°C)

ρ كثافة سائل تجميع الحرارة (kg/ m^3)

Cp الحرارة النوعية لسائل تجميع الحرارة (kJ/kg. °K)

ولابد من الاشارة الى ان معامل أداء المنظومات الامتصاصية التبخيرية (Coefficient of Performance COP) يتراوح مابين (0.5 – 0.8) . اما الحمل الحراري المطلوب للتبريد (Q_L) فيمكن حسابه بقسمة طاقة التبريد الكلية على معامل أداء منظومة التبريد الامتصاصية . ويستعمل غالبا (COP = 0.5) لاغراض حسابات التصميم .

3 . يرسم شكل بياني يمثل المحور الصادي فيه مساحة المجمعات الشمسية ويمثل المحور السيني زاوية ميل المجمعات الشمسية عن الافق . وعند تثبيت قيم مساحة المجمعات الشمسية بما يقابلها من قيم زوايا الميل صيفا وشتاءا على التوالي على الشكل البياني نحصل على خطين يتقاطعان فيما بينهما في نقطة واحدة .

4 . بتسقيط احداثيات هذه النقطة على المحور الصادي نحصل على افضل مساحة مجمعات شمسية ويقابلها على المحور السيني زاوية الميل .

5 . من هذه الارقام يمكن الرجوع من جديد الى استعمال المعادلة (10 . 2) لحساب حجم خزان الماء الحراري الملائم لتصميم المنظومة .

تعتبر هذه الطريقة الحل المثالي لاختيار افضل مساحة مجمعات شمسية بزاوية ميل محددة وحجم خزان حراري يقومان بأداء واجباتهما تجاه منظومة التكييف المركزية باستخدام الطاقة الشمسية في اغلب ايام السنة عدا الايام الباردة او الحارة جدا . وتساعد هذه الطريقة ايضا على تقليل التكاليف الاولية لمنظومة التكييف .

10 . 5 . الجمع بين مصادر الطاقة المتجددة في المباني

كنا قد تطرقنا الى انواع مصادر الطاقة البديلة المستعملة في الوقت الحاضر التي يمكن ان تحل محل مصادر الطاقة التقليدية المستعملة في تكييف وتشغيل الاجهزة الخدمية المختلفة في المباني . ويمكن استعمال الكهرباء المتولد من الخلايا الشمسية واستعمال السخانات الشمسية لتزويد الماء الساخن بدلا من استعمال الطاقة الكهربائية التقليدية وكذلك استعمال الغاز الحيوي محل الغاز الطبيعي . ويمكن ان تتم هذه الاستخدامات بصورة سهلة جدا على مستوى مبنى سكني لعائلة واحدة على سبيل المثال . وعند الحديث عن استعمالات الطاقة المتجددة على مستوى مجمع سكني عند ذلك يبدأ التفكير باستعمال هذه المصادر ذات المردودات الاقتصادية على المستوى التجاري . ويمكن استعمال المراوح الهوائية والمجمعات الشمسية المركزة واستعمال الخلايا الشمسية او اي نوع من انواع مصادر الطاقة البديلة لتوليد الكمية المطلوبة من الطاقة . ولم يستبعد ابدا الجمع بين مصادر الطاقة البديلة في المباني ومنها على سبيل المثال استعمال هذه المصادر في تزويد مبنى يستعمل حاليا كمقر للاذاعة المرئية (Granada Television) في المملكة المتحدة . ويتكون هذا المبنى من طابقين بمساحة 114 متر مربع مزود كليا من مصادر الطاقة البديلة باستعمال طاقة الرياح والخلايا الشمسية والسخانات الشمسية والغاز الحيوي والمنظومات الطبيعية (السالبة) والعزل الحراري للجدران والسقوف والارضيات كما في الشكل (10 . 3) . واستخدمت طريقة الجمع بين مصادر الطاقة البديلة المتنوعة في تزويد الطاقة المطلوبة لدور ومباني ومشاريع سكنية حديثة في مناطق عديدة في العالم ومنها في الولايات المتحدة الامريكية وكندا واليابان والدول الاوربية .

10 . 6 . مشاريع تكييف المباني

يشكل استهلاك الطاقة في المباني نسبة لابأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة حيث اتجهت الانظار الى هذا القطاع الواسع . واخذت الدراسات والبحوث للوصول الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة واحلال الطاقات القابلة للتطبيق في المباني . واشارت الدراسات الى ان ترشيد استهلاك الطاقة في المباني بدأ يحقق نسبا جيدة افضل من المخطط لها . وحقق استعمال منظومات الطاقة الشمسية نسبا متقدمة عند الجمع بين وسائل ترشيد استهلاك الطاقة واستعمال منظومات الطاقة الشمسية في تكييف المباني . ويمكن الوصول الى حالة شبه الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن مصادر الطاقة التقليدية في اغلب ايام السنة . ولغرض تعميق هذه الامور لابد من الاشارة الى المشاريع الممكن القيام بها في مجال استخدام مصادر الطاقة البديلة في قطاع المباني . ويمكن تقسيمها الى مايأتي .

10 . 6 . 1 . مشاريع تجريبية

تكون هذه المشاريع الوسيلة التي تساهم في اعداد الكادر وتوفير الخبرة في مجال نقل وتوطين استعمال تقنيات تكييف المباني بالطاقة الشمسية . ويمكن اقتراح المشاريع التالية :-

1 . ادخال وسائل ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في تكييف المباني

2 . ادخال تقنية تكييف المباني بالطاقة الشمسية في مبنى مدرسة او معهد او جامعة او مبنى سكن تقليدي .

10. 6 . 2 . مشاريع ريادية

تساهم هذه المشاريع في اعداد المواصفات والمعايير الفنية وتقييم اداء منظومات الطاقة الشمسية ووسائل ترشيد استهلاك الطاقة في المباني لغرض توفير الجو الطبيعي فيها . ومن المشاريع المقترحة مايلي :-

1 . مشروع البيت الشمسي المختبري

2 . مشروع الشقق السكنية او الخدمية

3 . قرية عصرية بكافة مرافقها الخدمية

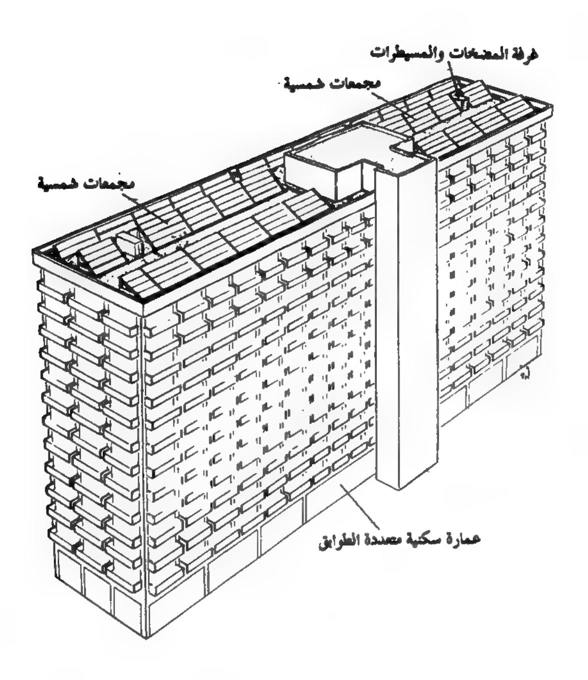
10 . 6 . 3 . مشاريع تطويرية

نتيجة لتوفر المعلومات ونتائج البحوث النظرية والعملية بجانب ما يستجد من تقنيات مستقبلية ، فلابد من اجراء بحوث ومشاريع لتطوير المنظومات الشمسية المستعملة في المباني بما يتلائم وعوامل الجو والمحيط البيئي . وتشمل الحالات التالية :

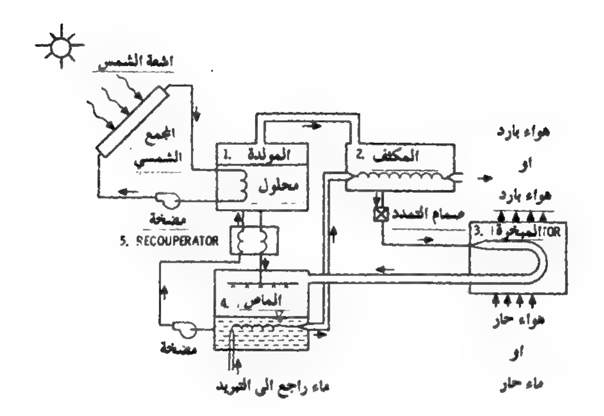
1 . طرق البناء
2 . مواد البناء
3 . تخطيط المدن
4 . وسائل ترشيد استهلاك الطاقة
5 . تقنيات الطاقة الشمسية والطاقات الاخرى
6 . عناصر التصميم المعماري
7 . عناصر التكييف البيئي
8 . الجدوى الاقتصادية والبيئية
9 . العوامل المساعدة
10 . البحوث والدراسات المستقبلية

10 . 6 . 4 . مشاريع مستقبلية

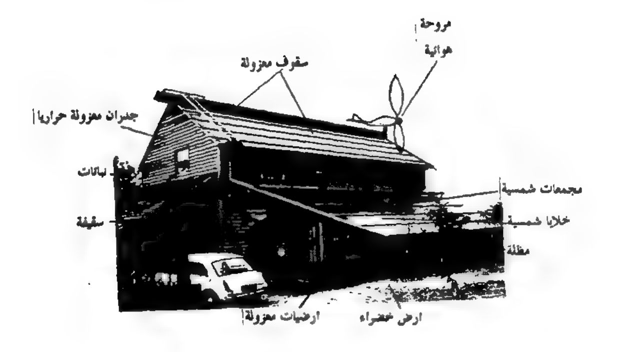
عند حصول المعلومات وامتلاك تقنية تكييف المباني بالطاقة الشمسية والطاقات البديلة الاخرى من جراء تنفيذ المشاريع السابقة الذكر ، يمكن تنفيذ مشاريع انشاء المدن الحديثة في مختلف المواقع لكي تساهم هذه المشاريع في تقليل استهلاك الطاقة التقليدية واستعمال تقنيات الطاقة المتجددة المتقدمة يعني توفير مبالغ كانت تصرف على تشغيل اجهزة التكييف وصيانتها بالاضافة الى الفوائد الاخرى التي لاحصر لها وعلى راسها القضاء على مسببات التلوث البيئي وتوفير الجو الطبيعي فيهما .



شكل (10 . 1) استخدام منظومة تسخين الماء الشمسية في عمارة سكنية



شكل (10 . 2) وصف مكونات المنظومة الامتصاصية التبخيرية الشمسية



شكل (10 . 3) الجمع بين مصادر الطاقة المتجددة في المبنى

الفصل الحادي عشر

ترشيد استهلاك الطاقة

ان ترشيد استهلاك الطاقة جاء كرد فعل على الطلب المتزايد على الطاقة التقليدية والتكاليف الباهضة التي تدفع لقاء اجور الطاقة المستهلكة بالاضافة الى كونها من اهم الوسائل التي تساعد في مكافحة التلوث البيئي في العالم . واصبح موضوع ترشيد استهلاك الطاقة والمحافظة على سلامة البيئة من سمات المجتمع المتحضر الحالي من مسببات التلوث والمشاكل الناجمة عنه في الماء والهواء والارض . وهي تؤثر بصورة مباشرة على حياة الانسان والحيوان والنبات على حد سواء . وحظي هذا الموضوع بأهتمام واسع في كافة دول العالم سواءا كانت مستوردة او مصدرة للطاقة او مكتفية ذاتيا ، وذلك لانها تؤدى الى الحد من الهدر والتبذير في استعمالات الطاقة وتقليل الخسارة الاقتصادية في استهلاكها وتحقيق كفاءة متزايدة في استغلالها .

وخلال السنوات الاخيرة قامت العديد من دول العالم باجراء الدراسات ووضع السياسات وسن القوانين واتخاذ الاجراءات العملية في قطاعات متعددة للحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها والمساهمة في حل مشاكل التلوث البيئي الناتجة عنها وذلك حسب الظروف الموضوعية لكل مجتمع .

وعلى هذا الحال يمكننا ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في جميع مرافق الحياة دون التأثير على الانتاجية والحد نسبيا من ترف الحياة . ومن هنا يظهر بان ترشيد الاستهلاك في الطاقة للفرد الواحد سوف يوفر كمية قليلة من المال واذا ما اخذنا هذا المقياس على عموم البلد فسوف يوفر مبالغ طائلة بالاضافة الى الارباح المترتبة في استثمار هذه المبالغ في مجالات اخرى وتوفير المبالغ المصروفة في مكافحة التلوث البيئي .

ان ترشيد استهلاك الطاقة في حياة المجتمع يستند على الاسس التالية :

اولا : تقليل وتنظيم استهلاك الطاقة في الحالات غير الضرورية .

ثانيا : اختيار الاجهزة والمعدات ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة .

ثالثا : استخدام التقنيات المتاحة لترشيد استهلاك الطاقة .

رابعا : استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة البديلة للطاقة التقليدية .

ويشكل استهلاك الطاقة في المباني نسبة لايأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة حيث اتجهت الانظار الى هذا القطاع الواسع . واعدت الدراسات والخطط للوصول الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة واحلال الطاقات البديلة ، وفي مقدمتها الطاقة الشمسية ، في الحالات القابلة للتطبيق في المباني . وقد تحقق تقدم ملحوظ في هذه الحالات . واشارت الدراسات الى ان ترشيد استهلاك الطاقة في المباني قد وصل الى نسبا لايأس بها . حيث حقق استعمال الطاقة الشمسية نسب متقدمة في هذا المجال . وعند الجمع بين وسائل ترشيد الطاقة واستعمال الطاقة الشمسية في المباني يمكن الوصول الى حالة الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في اغلب ايام السنة .

ان تقليل وتنظيم استهلاك الطاقة غير الضروري يعني توفيرا في الطاقة وتقليل الكلفة المدفوعة عنها . وقد استعملت طرق ووسائل عديدة يمكن بواسطتها ترشيد استهلاك الطاقة خاصة عند اختيار الاجهزة والمعدات ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة عند اشتغالها دون التأثير على مستوى الخدمات المطلوب توفرها في المبنى . ويمكن تقسيم هذا الجانب الى الحالات التالية :-

11 . 1 . الاستعمال الامثل للاجهزة الخدمية في المباني

لقد شاع استعمال الاجهزة الخدمية في المباني ولازال التقدم التقني مستمرا في ايجاد انواع جديدة تقدم اسهل الخدمات المطلوبة في المباني . ويمكن تصنيف الاجهزة الخدمية المستعملة في المباني كمايلي :

أ – الاجهزة التي تستخدم الوقود السائل (النفط والغاز) والصلب :

ويمكن تقسيم هذه الاجهزة الى :

- اجهزة التدفئة (المدفئات)
- اجهزة تسخين الماء
- اجهزة تسخين الهواء
- اجهزة التكييف المركزية (تدفئة وتبريد)
- اجهزة الطبخ المختلفة

ومع تعدد انواع واشكال ومصادر هذه الاجهزة ، يجب مراعاة اختيار قدرة الجهاز الملائمة لتزويد كمية الطاقة المطلوبة ، وتركيب الجهاز في المكان الملائم وعدم وضع مثل هذه الاجهزة قرب مصادر التهوية ، والاعتناء بنظافة اجزاء الجهاز وتبديل القطع التي تستهلك في اوقاتها المحددة للحصول على كفاءة تشغيل عالية . ومن المهم جدا عزل انابيب الماء ومجاري الهواء البارد والحار بواسطة عازل حراري جيد مقاوم للظروف الجوية . ووضع خزانات الماء الحار المعزولة جيدا اقرب ما يمكن الى نقاط الاستعمال وذلك لتقليل الحرارة المفقودة من الانابيب . وهناك ضرورة استعمال المسيطرات الالية الذاتية للتحكم في درجات الحرارة ولوقات التشغيل .

ب – الاجهزة الكهربائية :

ويمكن تقسيم هذه الاجهزة الى :

- اجهزة تسخين الماء
- اجهزة تسخين الهواء
- اجهزة تبريد الماء
- اجهزة التهوية
- اجهزة التكييف (وحدات منفردة ، وحدات متكاملة ، منظومات مركزية)
- اجهزة الطبخ المختلفة
- اجهزة الخدمات (غسالة ملابس ، غسالة مواعين ، مجففة ، مكنسة ، منشفة ، اجهزة صغيرة متنوعة)
- الاجهزة المرئية والمسموعة والمسجل العادي والمرئي
- الانارة الداخلية والخارجية
- مصاعد وسلالم متحركة واحزمة ناقلة
- اجهزة خدمية صغيرة متنوعة

ان الطاقة الكهربائية اكثر كلفة من بقية انواع الطاقة التقليدية كما ان استعمالها شائع في الوقت الحاضر لكثرة استخدام الاجهزة الكهربائية وتعدد انواعها واشكالها لتقديم الخدمات المختلفة . وعند شراء جهاز كهربائي يجب مقارنة ما يستهلكه من الطاقة مع جهاز اخر مماثل له ولكن من منشأ

وصناعة اخرى . ويعتمد في شراء الاجهزة الكهربائية على اساس كلفة الشراء مضافا اليها الكلفة التشغيلية بدلا من الاعتماد على سعر الشراء فقط . ان الاجهزة الاكثر كفاءة في استخدام الطاقة اغلى سعرا من الاجهزة الاخرى . وعند التشغيل الطويل سوف توفر ما يزيد على الفرق في السعر بينها وبين الاجهزة الاخرى التي لاتتصف بنفس المستوى من الكفاءة . وعند شراء الاجهزة الكهربائية يجب قراءة تعليمات استعمال الجهاز قبل توصيله الى مصدر القوة الكهربائية فان التعليمات وضعت اصلا لمساعدة المستهلك لغرض التعرف على طريقة التشغيل المثلى والصيانة الدورية . ومن المجالات التي يمكن ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية فيها هي اجهزة الانارة والتكييف والتلفزيون والغسالة والثلاجة والمجمدة والمكواة ...الخ . ومما يجدر ذكره بان بعض الاجهزة الكهربائية يمكن استعمالها خارج حدود الذروة القصوى حتى لايؤثر استخدامها على عمل الاجهزة الكهربائية الضرورية في تلك الفترة التي تحدث في اوقات الظهيرة والمساء . وعند استعمال هذه الاجهزة يجب مراعاة الطرق الصحيحة لاستعمالها والمحافظة على صيانتها ومراقبة عمل المسيطرات الذاتية المستعملة فيها وتبديل القطع التي تستهلك في اوقاتها المحددة لغرض تحصيل كفاءة اداء عالية . وتعتبر اجهزة الانارة احدى الوسائل الرئيسية المطلوب الاهتمام بها في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني . ومن الضروري تقدير شدة الاضاءة المثالية الى الحد الطبيعي المطلوب توفره في اجزاء المبنى كلا حسب حاجته وطريقة استعماله المطلوبة . واستعمال شمعات طويلة (الفلورسنت) بدلا من المصابيح التقليدية المستعملة في الانارة . وكذلك مراعاة شدة الانارة الخارجية وعدم الاسراف منها عن المستوى المطلوب واستعمال مصابيح زئبقية ذات كفاءة اداء عالية .

11 . 2 . استعمال اجهزة السيطرة الذاتية لتنظيم عمل الاجهزة الخدمية في المباني

لقد احتل جانب ترشيد استهلاك الطاقة حيزا واسعا عند انتاج الاجهزة الخدمية والكهربائية المختلفة في الوقت الحاضر ، مما ادى الى استعمال اجهزة السيطرة الذاتية الميكانيكية او الكهربائية بشكل اساسي في تصميم هذه الاجهزة لتنظيم عملها بكفاءة عالية تؤدي الى قلة استهلاك الطاقة عند التشغيل . وتوجد تصاميم متنوعة لاجهزة السيطرة الذاتية يمكن تركيبها على مصادر الطاقة خارج الاجهزة الخدمية . ومثال ذلك تركيب احد انواع اجهزة السيطرة الذاتية على خطوط الانارة للتحكم باوقات تشغيل الاضاءة وتحديد شدتها . وتوجد اجهزة للسيطرة على تشغيل اجهزة التبريد والتدفئة في الاوقات المحددة ودرجات الحرارة المرغوبة كما في الشكل (11 . 1) ، والى غيرها من اجهزة التحكم

والمعدات فلابد من مراقبة عمل اجهزة السيطرة ومعايرتها واجراء الصيانة الدورية وتبديلها عندما تقتضي الضرورة لتأمين عملها بصورة صحيحة لتحقيق الغاية المرجوة منها . ويوضح الملحق (1) وسائل ترشيد استهلاك الطاقة في بعض الاجهزة الخدمية المختلفة المستعملة في المباني .

11 . 3 . استعمال مواد البناء وعناصر التكييف البيئي والتصميم المعماري

تشكل نسبة الطاقة المستهلكة في تكييف المباني الجزء الاكبر من مجموع الطاقة المستهلكة في قطاع الخدمات والاسكان . وتشكل مواصفات مواد البناء المستخدمة في تشييد المباني جزءا مهما من اجزاء حسابات الاحمال الحرارية في المباني . وكلما قلت موصلية مواد البناء زاد نفعها وبالتالي قلت كمية الحمل الحراري . وتأخذ المواد العازلة نصيبها في تأمين العزل الحراري للمبنى عند استعمالها في بناء الجدران والسقوف . وتساهم عناصر التكييف البيئي والتصميم المعماري مساهمة فعالة في تقليل الاعتماد على الطاقة وتوفير الجو الطبيعي داخل المباني وخارجها . وتم في الفصول السابقة استعراض عناصر التكييف البيئي والتصميم المعماري واعطيت امثلة حية على ذلك . ان الجمع بين هذه العناصر ومواصفات مواد البناء بمرافقة استعمال مصادر الطاقة المتجددة وفي مقدمتها منظومات الطاقة الشمسية الطبيعية والقسرية قد يوصل الى حالة شبه الاكتفاء الذاتي من الطاقة المطلوبة في المباني في اغلب ايام السنة . اما الفترات الباردة والحارة جدا التي تحدث في ايام معدودة من السنة فيمكن معالجتها باحدى الطرق التقليدية المتاحة . ولابد من الاشارة الى ان اعتماد كافة الطرق والوسائل التي ذكرت في اعلاه قد توصلنا الى حالة الاكتفاء الذاتي الكلي من الطاقة دون الحاجة الى اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في تكييف المباني او تشغيل الاجهزة الخدمية المختلفة . يوضح الشكل (11 . 2) مبنى سكني معتمد كليا على الطاقة الشمسية في تزويد الطاقة المطلوبة في المبنى . ولابد من الاشارة ايضا الى العامل الاقتصادي في حالة تأمين بديل كلي للطاقة التقليدية المستخدمة في تكييف المباني . وقد اقيمت مشاريع ناجحة في مجال تكييف المباني في مناطق عديدة من العالم تم التطرق اليها سابقا .

11 . 4 . دور التراث المعماري العربي في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني

نتيجة الاهتمام والتطور الحاصل في موضوع التكييف البيئي في العالم ، تم التركيز على الدراسات والبحوث في مجال التكييف البيئي في العمارة العربية . وقد استنبطت الافكار والوسائل

المتبعة في تمكين الانسان لملائمة الظروف الطبيعية القاسية ، ولذا قامت بعض الدول العربية مثل العراق ومصر ودول الخليج العربي والمغرب وتونس واليمن باستثمار مبالغ لاباس بها للمحافظة واعادة احياء التراث المعماري والرجوع الى الاسس والمبادئ المتبعة في تصميم العمارة العربية لتوفير الظروف البيئية المريحة داخل المباني الملائمة مع الاحوال الجوية . يمكن استعمال اسس ومبادئ العمارة العربية والاسلامية عند وضع تصاميم المباني والمدن الحديثة لاضفاء طابع معماري تراثي له لمحات من تاريخ العمارة المرتبطة بواقع تلك المنطقة الجغرافية . وامتازت هذه المشاريع بالوان مختلفة من الفنون المعمارية البالغة الدقة الناتجة من خبرات محلية متوارثة ذات علاقة وثيقة بين مهارة الانسان وعطاء الطبيعة .

لقد جرت كثير من الدراسات والبحوث لمعرفة الاسس والوسائل المستخدمة في توفير الجو الطبيعي للساكنين في المباني التراثية ، ووجدت مبان تراثية كثيرة ذات اشكال هندسية مختلفة تتلائم مع ظروف موقعها الجغرافي موزعة في ارجاء الوطن العربي . ويمكن دراسة طبيعة تصميم كل من هذه المباني حسب موقعه الجغرافي واستنباط الدروس والظروف المحيطة التي ادت الى انجاز التصاميم المعمارية الملائمة التي ساعدت الانسان على قهر ظروف الطبيعة . ولو درسنا الطرق القديمة المتبعة في بناء العمارة لوجدناها في غاية الدقة والتعبير في اتباع طرق هندسية معمارية فنية . وان ماحصل من تقدم في فنون العمارة مرتبط بتقدم بقية فروع المعارف والعلوم الاخرى . لقد اهتمت دول عديدة في العالم بالحفاظ على هذه المباني واعدت برامج لصيانتها المستمرة والمحافظة عليها واعدت اطلس لها يوضح الطرق المعمارية ويبرز جمالية الفنون ان كانت عربية اسلامية او شرقية من الهند والصين واليابان او شمالية من امريكا او جنوبية من افريقيا .

تقع معظم البلاد العربية في منطقة صحراوية تمتد من شواطئ الخليج العربي شرقا الى شواطئ المحيط الاطلسي غربا ذات مناخ حار جاف صيفا وبارد شتاء . لقد اثرت الطبيعة في تكوين ثقافة الانسان العربي واستنبط منها الوسائل والسبل المتبعة في تشكيل طرق الانشاء المستخدمة في العمارة الملائمة . ان الانسان العربي الذي عاش في الصحراء وتفاعل مع ظروفها القاسية ، استفاد في استيفاء حاجاته المادية والروحية في الحياة المتطورة من حصيلة التفاعل بين ذكائه والبيئة التي يعيش فيها . ان استفادة الانسان العربي من هذا التفاعل والاحتكاك المباشر بالطبيعة ادى الى رسم المعالم المعمارية لمسكنه الجديد عندما اختار السكن في المناطق القريبة من مصادر المياه التي تكثر فيها التجمعات السكانية والتي اطلق عليها فيما بعد المناطق الحضرية . لقد اوجد الانسان العربي منذ بداية خبرته

بعمليات التحضر نموذجا للبيت الذي يسكنه ويحقق فيه احلامه محتفظا بعلاقة وثيقة بالطبيعة في نفس الوقت . لقد ابدع الانسان العربي في تصميم مسكنه الجديد في سبيل توفير الجو الطبيعي لراحته ، واستلهم الانسان العربي عنزته الصحراوية في وضع اسس التصاميم البيئية لمسكنه التي تعمل على توفير الجو الملائم وعدم الحاجة للطاقة في اغلب الايام حول مدار السنة .

وتجد الاجيال المتعاقبة في مختلف مناطق الارض العربية شواهد حية على الابداع العربي ومنها على سبيل المثال منازل الفسطاط بالقاهرة وقصر الاخيضر ومدينة الحضر في العراق والمنازل في تونس واليمن والشام . ولو نظرنا الى التصميم المعماري للبناء لوجدنا ان حيزا مخصصا للمعيشة والاستقبال وحيزه الصحن بوسطه فسقية والى بعض جوانبه ايوانات الجلوس يسبق كل منها " لوجيا " او بهو مسقوف في ناحية الصحن المودي الى المدخل المفتوح بكامل عرضه مباشرة . ويوجد هناك في الغالب ايوانان احدهما الى الشمال والاخر الى الجنوب في الصحن للاستعمال في الصباحيات والامسيات حسب مكان الشمس في السماء خلال فصلي الشتاء والصيف .

ان " لوجيا " او " الرواق " يوفر مكانا للجلوس في الظل وعلى اتصال مباشر بالسماء غالبا في الصباح الباكر وفي المساء ، كما توفر الايوانات ذات الدخول العميق اماكن تحمي الانسان من اشعاعات الحرارة المباشرة من الشمس ووهج انعكاسات الضوء المباشر في ساعات الحرارة الشديدة وسط النهار . ويظهر من دراسة هذا النموذج ان فكرة تصميمه نشأت عن محاولة الانسان العربي توفير مختلف الظروف الطبيعية التي يعيشها تحت الخيام باعتبار ان الظل وحركة الهواء مرغوب فيهما لتوفير الجو الملائم في مختلف ساعات النهار .

ومن التقاليد المعمارية المستخدمة في تصميم البيت العربي عمل حوض ماء وسط الصحن يطلق عليه الفسقية على شكل مربع وتقام في اركانها على مستوى منخفض قليلا من مستوى الارض المجاورة اربع مثلثات بحيث يتحول شكل الحوض من مربع الى مثمن . ويستقطع من كل هذه المثلثات حيزه على شكل نصف دائري بحيث يصبح شكل الحوض وكانه اسقاط هندسي لقبة ساسانية على حناصر متناظرة من الاسفل الى الاعلى . وعندما لايتوفر الضغط الكافي لانبثاق الماء من رأس النافورة وسط الفسقية ، ولكي لايحرم الانسان العربي من متعة تلاعب الماء مع حركة الهواء ، فقد استعاض عن رأس النافورة بالسلسبيل ، كما موضح في الشكل (3.11) . ان السلسبيل عبارة عن لوحة من الرخام المزخرفة بنحت منخفض مموج يمثل حركة الماء والهواء المستمرة وتوضع هذه الالواح مائلة قليلا

عن الوضع الرأسي في دخول خاص في الجدار في مقابلة ايوان الجلوس الرئيسي ، ليتدحرج الماء على سطحها ثم يسير في قناة مكسية بالرخام الى ان يصب في الفسقية .

ان القاعة او صالة الاستقبال التي تتكون من جزء اوسط يسمى " الدرقاعة " يستخدم كبهو دخول وتقع على جوانبه الايوانات . ان هذه " الدرقاعة " ماهي في الحقيقة الا صحن مسقوف . لذلك فأن ارضيتها كانت تغطى بالفسيفساء من الرخام في اشكال زخرفية هندسية رمزية وتنشأ هذه الارضيات دائما في مستوى منخفض عن سطح ارضيات الايوانات بمقدار سلمة ، كما لو كانت " الدرقاعة " مفتوحة من اعلى الى السماء ، حتى لا تتسرب مياه الامطار الى داخل ايوانات الجلوس ، ان هذه السلمة كانت تحدد المكان الذي على الانسان الداخل ان يخلع فيه نعليه قبل ان يخطو الى الايوانات التي كانت تغطى بأكملها بالسجاد والفرش . وكانت " الدرقاعة " تتغطى من اعلى بمنور من الخشب يرتفع عن باقي سقف البيت ليساعد على توفير الانارة والتهوية الطبيعية . وكان سقف هذا المنور يصمم على شكل قبة ساسانية على عناصر يرمز الى السماء التي تعلو الصحن وكانت هذه السماء الرمزية تنعكس على سطح الماء في الفسقية التقليدية التي تتوسط " الدرقاعة " بحيث يحس الجالس في الايوان وكأنه متصل بالمحيط الخارجي ينظر الى الصحن المفتوح .

وعند دراسة تصاميم بناء هيكل البيت العربي يمكن الوقوف على دقة استغلال كافة الطرق المتاحة للمحافظة على استقرار انتقال الحرارة من والى البيت وعدم السماح للظروف الجوية الخارجية بالتأثير على المحيط الداخلي للبيت . وكان استعمال الجدران السميكة ومواد البناء المحلية ذات الموصلية الحرارية القليلة واستعمال مواد انشائية مثل الخشب وقصب البردي في تشكيل السقوف وبعض مقاطع الجدران الداخلية لتأمين ظاهرة العزل الحراري للبيت . ان استعمال الطوب " الطابوق " الفخاري في رصف الارضيات يعمل كمبخر ماء طبيعي عند رش الارضيات بالماء في فصل الصيف لترطيب تيارات الهواء الحاصلة داخل البيت . بالاضافة الى استعمال الشبابيك والمظللات الخشبية الخارجية بابعاد مدروسة وكذلك استعمال " الشناشيل " او " المشربية " المزخرفة في الواجهات الامامية لتأمين نسبة التهوية والاضاءة المطلوبة في فراغات الغرف الداخلية . اضافة للطرق التي تم التطرق اليها لابد ان نذكر ان وجود طرق اخرى عديدة منها استعمال " الملاقف " او " البادكير " لتأمين التهوية حسب الموقع الجغرافي للبيت . واستعملت في البيوت العربية التراثية نظرية اختلاف ارتفاع مستويات ارضيات البناء كما تم الحديث عنها . وكان لاختيار الاثاث دور بارز في توفير الراحة للساكنين حيث يمكن استعمال نوعين من الاثاث خلال فصلي الشتاء والصيف .

اما من ناحية التدفئة فأن المشكلة الهامة التي تواجه الانسان في تصميم مسكنه في المناطق العربية الواقعة في الاجزاء المرتفعة من الوطن العربي حاجتها الى التدفئة كأهمية حيوية مثلما تحتاج الى التبريد في المناطق الحارة الجافة مع الفارق في كون التصميم المعماري للتبريد يثير مشاكل اكثر تعقيدا مما تحتاجه التدفئة . حيث تحتاج التدفئة الى جعل سقوف الغرف منخفضة وتنسيق حجم وشكل الغرف في التصميم المعماري بما يتفق ومتطلبات التدفئة . فيكون الجلوس محصورا في ركن الغرفة الذي يقتصر على استعمال مدفأة او موقد تشتعل فيه نار تعمل على تدفئة المكان .

اما مداخل البيت العربي فقد تزين بالقباب المحمولة على اعمدة مفتوحة من الجوانب تعمل على توفير الظل وحركة الهواء . والقباب عبارة عن تحف معمارية لها قمم عالية ومنحنيات منحدرة الى اسفل مراكزها ، وهي ذات مركزين او ثلاثة وكلها من ابتكار الهندسة العربية للتوزيع المنتظم لرفع الاحمال . وقد زين السطح الداخلي للقباب " بالمقرنصات " التي تشبه خلايا النحل وهي عبارة عن طبقات مصفوفة على بعضها ببراعة فنية متناهية تكبر عند المحيط الخارجي وتصغر عند مركز القبة . وكانت الاعمدة العربية متميزة المعالم المعمارية عن غيرها ومحلاة بالنقوش المحفورة ومطعّمة بالعاج وتيجانها مزينة " بالكرانيش " و " المقرنصات " وهناك العقود المكونة من الفواصل تربط بين الاعمدة الحاملة للقباب وممتزجة بخطوط مماسة لها متقاطعة عند قمة العقد . وقد تنوعت اشكال العقود العربية منها العقد الستيني والعقد المخموس والعقود المكونة من سلسلة عقود وزينت القباب من الخارج بالرخام او الخشب المطعم بالزجاج الملون . ثم ان الكتابة العربية تشغل مراكز هامة في الزخرفة العربية وكذلك استعمال المضلعات والمنحنيات والزركشة .

وعند دراسة التصاميم والوسائل المستخدمة في المباني التراثية بالتحليل العلمي نجدها مطابقة لاصول العلوم الطبيعية ومتوافقة مع نتائج البحوث العلمية الحديثة في مجال التكييف الطبيعي للمباني وقد تمت الاستفادة من مشاكل البيئة كمبرر او كعامل مساعد على خلق الظروف التي تتيح الابداع الجمالي والمتعة الحسية على ابتكار الانسان العربي من الواقع العملي لهذه الحلول .

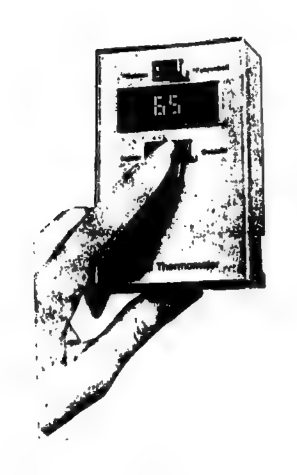
ويمكن الاستنتاج مما تقدم بأن الوطن العربي يتمتع بتراث معماري فني زاخر نابع من جذور الحضارة العربية العريقة مما يتطلب منا الرجوع الى هذا التراث ودراسة مبادئه والاستفادة منه في التطبيقات العملية التي تخدم الانسان المعاصر في جميع المجالات الممكنة . ويجدر بنا تطوير استعمال مواد البناء المتوفرة محليا لتتلائم مع الواقع البيئي والجغرافي لغرض الحد من احتياجات الطاقة في المباني . وقد يتطلب الامر من المؤسسات التعليمية اعداد مناهج لتدريس اصول الفن المعماري العربي لابراز دوره

الهام في ترشيد استهلاك الطاقة وتوفير الجو الطبيعي للساكنين . ويتحتم الاخذ بعين الاعتبار في اولويات خطط التنمية القومية استخدام امكانيات التقنية الحديثة لاحياء وتطوير التراث المعماري العربي والمحافظة عليه . ويجب ان نشير الى اهمية الرجوع الى التراث المعماري العربي واساليب ترشيد استهلاك الطاقة في المباني عند التخطيط الاساسي للمشاريع السكنية في المدن الحديثة .

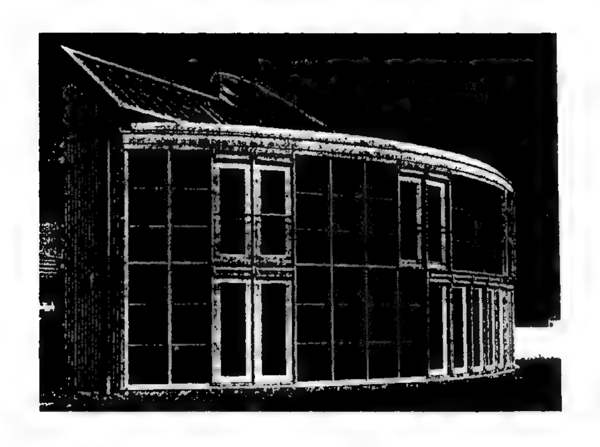
وتجدر الاشارة ايضا الى بقية الطرق المعمارية المستخدمة في بقاع الارض ومنها على سبيل المثال في افريقيا وشرق ووسط اسيا والصين واليابان ، فقد اتخذ كل طريقته الخاصة في انشاء المباني الملائمة على التكييف وتوفير الراحة المطلوبة في ظل الظروف الجوية القاسية .

ومما تقدم فان ترشيد استهلاك الطاقة اصبح من الامور الهامة التي تمس جميع قطاعات الحياة ، بالاضافة الى الفوائد الاقتصادية التي نجنيها من الحد من استهلاك الطاقة التقليدية والمحافظة على سلامة البيئة . ويشكل قطاع المباني جزءا لايستهان به من القطاعات التي تستهلك الطاقة . ولذا فانه من الضروري الحد من استهلاكها مع المحافظة على مستوى الخدمات المطلوبة وتوفير الراحة للساكنين ، ويمكن ان نستخلص بعض التوصيات الضرورية في هذا المجال ومنها مايلي :-

- خلق تناغم بين العناصر الاساسية للتصميم المعماري وهي : الطبيعة والانسان وتصميم المبنى والطاقة وبذلك يتطور تصميم المبنى بناء على العنصرين اللذين اديا الى وجودهما وهما الطبيعة والانسان .
- استغلال مصادر الطاقات المتجددة بصورها المباشرة وغير المباشرة عند وضع التصاميم المعمارية والميكانيكية للمباني حيث تساهم في الحد من استهلاك الطاقة في المباني .
- وضع تصنيف علمي يقسم البلاد الى مناطق متجانسة في ظروفها المناخية والبيئية لان ذلك يعتبر من الاسس الهامة التي يعتمد عليها عند اقامة مشاريع عمرانية جديدة .
- قبل الشروع في تصميم او اعادة تصميم اى محيط داخلي يجب اعداد دراسات نفسية واجتماعية لمعرفة مدى استجابة الانسان له ، حيث ان ترشيد استهلاك الطاقة في التصميم الداخلي يعتبر هدفا اساسا ولكن لايأخذ اولوية على حساب توفير الراحة المطلوبة للساكنين .



شكل (11 . 1) استعمال جهاز السيطرة الاوتوماتيكية
لتحديد درجة الحرارة المرغوبة



شكل (11 . 2) منزل سكني يعتمد كليا على الطاقة الشمسية



شكل (11 . 1) استعمال جهاز السيطرة الاوتوماتيكية
لتحديد درجة الحرارة المرغوبة

الفصل الثاني عشر

تلوث البيئة

تعتبر مكافحة اسباب التلوث من اهم المصاعب التي تواجه المجتمع في الوقت الحاضر . ان اسباب التلوث البيئي كثيرة وذات تأثير مباشر على الكائنات الحية ، مما يثير قلق المجتمع الذي تهدده مخاطر التلوث البيئي وهي تزحف الان حتى تصل عتبات الابواب .

نظرا لازدياد عدد السكان ونمو التطور الصناعي ظهرت مشاكل عديدة لم تؤخذ في عين الاعتبار في ذلك الوقت . حيث لم يكن احد يفكر بها منذ البداية ولم يتوقع حجم الاضرار التي تحدث الان . هذه المشاكل جاءت من فضلات المعامل المختلفة والمفاعلات النووية والمواد الكيمياوية والاسمدة وفضلات المحروقات وناقلات النفط ...الخ من الفضلات الجانبية صغيرة كانت ام كبيرة كلها مجتمعة تكون سببا في تلوث البيئة . وتؤدي بالتالي الى القضاء على جميع المخلوقات الحية .

ان مشاكل تلوث البيئة اصبحت معاناة يومية مزمنة ملازمة لحياة الكائنات الحية . وبجانب ذلك هناك هاجس اخر لايقل خطورة عن تلوث البيئة الا وهو اسلحة الدمار الشامل . ومن خلال المؤتمرات والندوات المتخصصة التي تنظمها الجمعيات والمنظمات المختلفة تتظافر الجهود وتستثمر الامكانيات المتاحة لكي تتم عملية انقاذ الكون من اسباب تلوث البيئة التي لاتزال في بدايتها على مايبدو من خلال وضع الخطط القصيرة والطويلة الامد المعدة لهذا الغرض .

ونتيجة اهتمام المجتمع في المحافظة على استمرار اخضرار الطبيعة في العقدين الماضيين ، رفع شعار (الارض الخضراء) . وتلبية لهذا قامت العديد من دول العالم بسن القوانين والتشريعات اللازمة لحماية البيئة من التلوث . حيث اصبحت مهمة تنفيذ هذه القوانين والتشريعات مسؤولية محلية وعالمية . ونتيجة لذلك ظهرت بوادر التعاون بين الجهات الرسمية في الدول والمنظمات الانسانية والشركات المختصة في تنفيذ الخطوات العملية من اجل استثمار المبالغ الضرورية للقيام بالمشاريع المطلوبة لتحقيق سلامة البيئة . وتخطت المرحلة الحالية مرحلة وضع القوانين والتشريعات لحماية البيئة وترتب على ذلك تشكيل وانشاء شركات استشارية متخصصة في هذا المجال وكذلك قيام مشاريع صناعية لاعادة تصنيع المخلفات واستخدام الوسائل والطرق الملائمة لمعالجة النفايات المختلفة .

ان كافة الحلول والتصورات المطروحة في الوقت الحاضر لمعالجة مشاكل تلوث البيئة التي مازالت في اغلبها نظرية وبعضها تطبيقات عملية بسيطة التناول لاتتلائم وحجم المشاكل القائمة . ويعود ذلك لعدة اسباب من بينها ارتفاع التكاليف الاقتصادية لتطبيق مثل هذه الحلول ولزيادة الطلب على الاحتياجات الضرورية للمجتمعات المتقدمة التي لايمكن الحد منها نتيجة للتقدم الحضاري والصناعي والزراعي المطرد لمواجهة متطلبات الحياة .

12 . 1 . مسببات التلوث البيئي

في عام 1953 ، اعلن الباحثون اكتشافهم خطرا هاما يؤثر على الكرة الارضية بصورة مباشرة . مما ادى الى تكثيف الدراسات والبحوث للوقوف على هذا الخطر الذي يتجسد في تغيير كثافة الاوزون المحيط بالارض الذي يحمي الكرة الارضية من بعض موجات اشعة الشمس المباشرة المسماة (بالاشعة فوق البنفسجية) التي تؤدي للاصابة بسرطان الجلد وحساسية العيون وحرق المحاصيل الزراعية فضلا عن التسبب بارتفاع درجة حرارة الجو . ويتوقع تعاظم هذا الخطر مستقبلا . وتشير الدراسات بان هذه الطبقة في تناقص مستمر ويمكن ان تصل الى اكثر من 50 ٪ . وقد اظهرت نتائج البحوث والدراسات بان مسببات التلوث البيئي العديدة ظهرت نتيجة النمو السكاني والتطور التقني وتوسع اكتشافات النفط في العالم واستخدام وسائل التقنية الحديثة في زيادة رفاهية المجتمع . ويمكن التعرف على المسببات التي تستعمل بصورة قليلة او كثيرة في مختلف المجالات . واشارت البحوث والدراسات بان استخدام الاصناف الكمالية المختلفة في الزينة لها تاثير مباشر على طبقة الاوزون ومنها على سبيل المثال استعمال منظفات الادوات المنزلية ومنظفات الافران وادوات الرش والصباغة وتزيين الشعر والعطور ومزيلات الروائح واستعمال غاز الفريون في منظومات التكييف المختلفة . وتتسابق الشركات والمصانع في زيادة منتوجاتها المتنوعة من اللدائن (البلاستيك بانواعه) ومواد الديكور والالمنيوم الرقيق والعلب ومواد التغليف ...الخ .

وهنا لابد من الاشارة الى ان الغازات المنبعثة في الجو من مداخن المعامل والمصانع والمركبات ومن حرق النفايات تدخل في تسبب الامطار الحامضية التي تساهم في تلوث المياه والقضاء على الغابات . واذا استمرت الحالة على هذا النحو ، فان غابات الامازون في امريكا الجنوبية التي تشكل نصف مساحة الغابات في العالم ، مهددة بالزوال من الان وحتى عام 2020 .

ان تحسين الانتاج الزراعي اليوم يعتمد بشكل خاص على استعمال السماد الكيمياوي وادوية مقاومة الامراض الزراعية والتربة واستعمال المبيدات لمكافحة الافات الزراعية والحشرات الضارة . واذا كانت هذه المواد تساهم في زيادة وتحسين الانتاج الزراعي بشكل عام فانها تساهم في تلوث البيئة بشكل خاص .

وتشكل حرائق الغابات التي تحدث في اكثر من بقعة في العالم تهديد وتلويث الاجواء بالغازات المنبعثة من عملية الاحتراق . وتساهم في تقليل نسبة غاز الاوكسجين وزيادة نسبة غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الجو بالاضافة الى تدمير جمال الطبيعة .

تواجه الحيوانات والنباتات البحرية عملية تلوث لبيئتها وابادة مكثفة . ففي الماضي كانت عملية الصيد البحري تتم بواسطة قوارب الصيد الصغيرة ، اما الان فاصبحت عملية الصيد البحري تتم بواسطة البواخر الضخمة ، التي تساهم الى جانب ناقلات النفط العملاقة بتسرب زيوتها ونفاياتها الى مياه البحر والمحيطات بالاضافة الى مساهمة مياه البزل وتسرب مياه المجاري ، ممايؤدي الى تهديد خطير وتلف الحياة البحرية في كثير من الاحيان .

اما في مجال التطور الحضاري فأن الاستخدام الواسع لوسائل النقل في كل مكان والازدحام الذي يحدث في شوارع المدن الكبرى قد ادى الى انتشار تلوث الهواء وزيادة نسبة الضوضاء وتسبب في ظهور حالات تسمم وضيق تنفس شديدة وحالات عصبية ونفسية صعبة .

وتشير الاحصاءات الى ازمة النفايات نتيجة ما يقذف من القمامة ، الى انها وصلت الى حوالي 50 مليون طن من النفايات في عام 1991 مع زيادة سنوية قدرها 1٪ .

ومما لاشك فيه ان الدول الكبرى والصغرى باتت تدرك اخطار التلوث وتدمير البيئة ، لكن حتى الان لم تبرز المساعي الفاعلة الجماعية المتعاونة في هذه الدول لاصدار قرارات ملزمة التقيد بها في شأن المحافظة على سلامة البيئة . فمازالت الخلافات ، خصوصا المالية حول المساعدات ، وايضا السياسية ، تعوق تنفيذ سياسات عامة في هذا المجال ، مما يترك الكرة الارضية مهددة اكثر في المستقبل ويضع سكانها قبل حيواناتها ونباتاتها في مواجهة اخطار مميتة في بعض الاحيان .

12 . 2 . تلوث الهواء داخل المباني

حسب ماتم الحديث عنه سابقا عن تلوث الهواء الخارجي الذي لايمكن عزله عن الهواء الموجود في المحيط الداخلي للمباني . يدخل الهواء الخارجي الى داخل المباني عن طريق فتح وغلق

الابواب والشبابيك وعن طريق فتحات التهوية الطبيعية والاصطناعية بالاضافة الى وجود مسببات تلوث تنبعث من مصادر عديدة موجودة داخل المباني تؤثر تأثيرا مباشرا على نوعية الهواء في المحيط الداخلي . ان مشاكل التلوث البيئي عديدة وقد جرت بحوث ودراسات لمعالجة هذه المشاكل ذات التأثيرات الآنية والمزمنة . وقد توصلت هذه البحوث والدراسات الى نتائج متقدمة في سبيل المكافحة والحد من مسببات تلوث الهواء داخل المباني السكنية والادارية والخدمية المختلفة التي يسكنها ويستعملها عدد كبير من المواطنين والعاملين . وسوف نستعرض أهم المشاكل الناجمة وأعراضها وتأثيراتها ومصادرها وطرق علاجها . وتم اقتراح الاجراءات الضرورية الواجب اعتمادها في سبيل توفير الراحة للساكنين والعاملين في مثل هذه المباني لانجاز الأعمال المناطة بهم بكفاءة تامة .

12 . 3 . مصادرتلوث الهواء داخل المباني

يمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء داخل المباني الى قسمين رئيسين وهما :-

- مصادر تلوث الهواء الخارجي الداخل الى المباني
- مصادر تلوث الهواء الموجود داخل المباني

وكلاهما يسببان تأثيرات مباشرة وغير مباشرة الواحد على الاخر اعتمادا على نوعية ونسبة تواجدهما . وسنتطرق بشيء من التفصيل لكل منهما على انفراد .

12. 3 . 1 . مصادر تلوث الهواء الخارجي الداخل الى المباني

كما ذكرنا في اعلاه فان اهم مسببات تلوث الهواء داخل المباني تأتي مع الهواء الخارجي الملوث من مصادر عديدة وكلنا نعرف أنواعها ومشاكلها وأغلب طرق علاجها وتدخل هذه الملوثات مع الهواء الخارجي عندما يسحب الى داخل المبنى عن طريق منظومات التهوية الطبيعية أو الصناعية . ومن أهم هذه الملوثات ذرات الغبار والابخرة المتطايرة من أبراج التبريد والجزيئات الكيميائية السامة والمواد المتطايرة والغازات المنبعثة من مداخن المعامل والمصانع ومحركات وسائل النقل المختلفة والغازات المتولدة من حرائق الغابات وحرق المواد العضوية والروائح المتسربة من المعامل الغذائية وحظائر الحيوانات والصرف الصحي واماكن تجمع القمامة .... الخ . ولا بد من الاشارة الى ان معظم دول

العالم اعلنت في اعتباراتها تنفيذ الخطط التقنية المتقدمة لمكافحة والحد من مسببات التلوث ومعالجة المشاكل الناجمة منها .

12. 3 . 2 . مصادر تلوث الهواء الموجود داخل المباني

ان معاناة المحافظة على نوعية الهواء الموجود داخل المباني ليست بالمشكلة الجديدة بل انها موجودة منذ ان اكتشف الانسان النار . ثم تعرف على الوسائل التي تساعده على استعمال النار في الحيز المحصور والطرق التي تمكنه من التخلص من الغازات المتولدة وتوفير الجو الملائم داخل الحيز الذي يعيش فيه . وكل عام تزداد صعوبة المحافظة على نوعية مقبولة للهواء داخل المباني نتيجة لوجود مستمر لمصادر مسببات تلوث الهواء التي جاءت بسبب التطور التقني الحاصل في جميع قطاعات المجتمع . ويمكن تقسيم مصادر مسببات تلوث الهواء داخل المباني المختلفة الى ما يلي :-

1 . الغازات والأبخرة المتصاعدة من النشاطات العامة : مثل اكاسيد الكاربون والنتروجين وأبخرة فرفورال (furfural) المتولدة من دخان السجائر وحامض البيوتريك (butyric acid) المنبعث من الأشخاص وغاز الفورملديهيد (formaldehyde) المنبعث من الأثاث ...الخ . وهناك مصادر اخرى لتلوث الهواء لا تظهر مباشرة منها استعمال المواد اللاصقة لتغليف الجدران والسقوف والارضيات ومحاليل الاصباغ التي تصدر مواد متطايرة أو سريعة التبخر لفترات طويلة في بعض الاحيان بعد عملية التركيب والاستعمال .

2 . الجسيمات والدقائق الصغيرة المتطايرة والمنبعثة من المنسوجات المختلفة وذرات الغبار الصغيرة جدا : تعتبر من العناصر المهمة في تلوث الهواء المؤثرة بصورة مباشرة على صحة الانسان .

3 . الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا والفطريات) والقوارض والحشرات المختلفة ... الخ : تعتبر من أهم المصادر البيولوجية والحية لتلوث الهواء داخل المباني عن طريق الفضلات المتولدة من النشاطات الحيوية .

4 . الكائنات الميتة : تساهم في تلوث الهواء حيث تتطاير من بقاياها الجسيمات والدقائق الصغيرة وتنبعث منها الغازات الناجمة عن تحللها .

5 . استعمال الأجهزة والمعدات المتنوعة : يساهم مساهمة فعالة في تلوث الهواء الداخلي . ويمكن تقسيم الاجهزة والمعدات المستعملة عادة في المباني السكنية والادارية والخدمية المختلفة الى ما يلي :-

– منظومات التكييف المختلفة (ومنها منظومات التكييف المركزية ووحدات التكييف المنفصلة وأجهزة مكيفات الهواء ومنظومات التهوية ورشاشات غسل وترطيب الهواء ....الخ) كما في الشكلين (12 . 1) و (12 . 2) : تعتبر من أهم مصادر مسببات تلوث الهواء حيث تتواجد فيها بعض أنواع البكتيريا والفطريات نتيجة تجمع المياه لفترات طويلة دون اجراء عمليات التنظيف والصيانة وتنتقل هذه المسببات بصورة مباشرة مع الهواء الذي يدور داخل منظومة التكييف الى بقية اجزاء المبنى ، وتتجمع ذرات الغبار والمواد المتطايرة وبعض انواع البكتيريا في مرشحات الهواء في منظومات التكييف المختلفة وتصبح عند ذلك مصدرا مباشرا لتلوث الهواء الداخلي وخاصة في الغرف التي لا تتوفر فيها معدلات كافية من التهوية .

– منظومات تجهيز الماء البارد والحار : تعتبر هذه المنظومات من أهم الاماكن التي تتواجد فيها بكتيريا اللوجينيا التي تسبب مرض اللوجيونز الخطر على صحة الانسان .

– أجهزة التدفئة المختلفة (الغازية ، النفطية ، الكهربائية) كما في الشكل (12 . 3) : تساهم أجهزة التدفئة الغازية والنفطية في توليد الغازات السامة الناتجة من عملية احتراق الوقود ، وتؤثر هذه الغازات بصورة مباشرة على الصحة العامة وجهاز التنفس ، اما اجهزة التدفئة الكهربائية فهي توفر جوا ملائما ولكن بتكاليف باهظة . جميع انواع أجهزة التدفئة تساهم في تسخين الهواء الذي ينتج عن عملية دوران طبيعيه للهواء داخل الحيز المحصور وهذه العملية تساعد في تحريك بعض أنواع مسببات تلوث الهواء الداخلي ، وعند عدم توفر التهوية المناسبة فان ذلك يودي الى زيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة تركيز نسبة تواجد مسببات التلوث .

– الأجهزة المكتبية المختلفة (ومنها الطابعات والحاسبات الآلية وآلة تفتيت الورق وأجهزة التصوير المختلفة ...الخ) : يساهم استعمال الأجهزة المكتبية المختلفة في تواجد الذرات المتطايرة بتأثير مراوح التبريد الخاصة بها ، ويساعد تجمع ذرات الغبار والالياف النسيجية على مرشحات الهواء والابخرة والغازات الكيمياوية المتصاعدة من آلات التصوير والاستنساخ على تلويث الهواء الداخلي .

6 . عوامل اخرى :- هناك عوامل أخرى غير التي ذكرت آنفا لها تأثير على نوعية الهواء داخل المباني ومنها على سبيل المثال الانارة والضوضاء ونوع الاعمال الجارية والعلاقات الاجتماعية والاجهاد الزائد للاعمال الجارية ونوع الديكور المستعمل كلها عوامل متداخلة تؤثر على شعور الانسان بالراحة أو عدمها داخل مكان العمل أو السكن .

12. 4 . تأثير مسببات تلوث الهواء على الانسان

تظهر على الساكنين والعاملين في المباني المختلفة المكيفة وغير المكيفة علامات شكوى وتذمر بعد فترة وجيزة من تواجدهم داخل المباني . وتختلف هذه الشكاوي في طبيعتها وكان في أغلبها شعور المواطنين بأمراض بسيطة مثل دوار شديد وضيق في التنفس وحساسية وجفاف في الجلد واحمرار في العينين وتهيج اللوزتين والتعب والصداع وقلة التركيز ونزف الأنف ، ويعزى هذا الى ظروف نفسية وقتية وسرعان ما يشعر العاملين بالراحة عند مغادرة المبنى المتواجدين فيه لساعات طويلة أثناء اليوم ، وظهرت أمراض مستعصية ادت الى حالات مزمنة ومميتة في بعض الاحيان ; مما دفع الجهات المختصة باجراء دراسات مستفيضة لتشخيص الامراض والوقوف على مصادر مسبباتها ثم تقدير العلاج الملائم . وأظهرت نتائج البحوث بان نوعية الهواء داخل المباني تؤثر على المتواجدين في المبنى وتؤدي الى الشعور بعدم الراحة والاضطراب ، وهذه الحالة أصبحت تعرف فيما بعد (بمرض المباني الملازم) ، ومن الامراض المتعلقة بامراض المباني هي مرض التهاب الرئة الناتج عن طريق استنشاق المواد العضوية والجهرية والبكتيريا والروائح المتطايرة في الهواء ، وعلاماته أمراض القشعريرة المفاجئة والحمى وألم العضلات المستمر والسعال الذي يؤدي الى ضيق الصدر وصعوبة التنفس وأطلقت عليها أسماء مختلفة تعود الى هذه الامراض مثل الحمى الرطبة والحساسية الشديدة وحساسية الرئة المزمنة الناتجة من الرطوبة الزائدة وجفاف والتهاب الجلد وانواع مختلفة من الحمى . ويحتاج المصابون من العاملين بعد مغادرة المبنى الى فترات نقاهة طويلة الأمد للشفاء من الأمراض . وهناك حالات مزمنة لا يمكن علاجها ومنها احتمالية اصابة الرئة بمرض السرطان الرئوي المتسبب من دخان السجائر والاصابة بالسرطان التكويني

بسبب مادة الأسبستوس المستعملة في بناء المباني . ووجد أن نسبة الاصابة بالسرطان عالية بين الساكنين والعاملين في المباني القريبة من التجمعات الصناعية .

وعند دراسة مسببات هذه الأمراض وجد أن نوعية الهواء في داخل المبنى ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لها تأثير مباشر على صحة الساكنين ، ولغرض المحافظة على نوعية الهواء الداخلي لابد من المحافظة على نسبة تهوية كافية للغرف والقاعات والفراغات والمرافق الخدمية في المبنى حسب الحاجه وطريقة الاستعمال المطلوبة ، حتى نساعد على توفير الجو الملائم لراحة الساكنين بالمستوى الصحي المطلوب حتى يتمكنوا من انجاز اعمالهم اليومية بكفاءة عالية .

12 . 5 . طرق معالجة تلوث الهواء داخل المباني

نتيجة لظهور بعض الحالات المرضية التي سبق ذكر أعراضها وكان سببها تلوث الهواء داخل المباني تجرى عادة سلسلة من عمليات الفحص والاختبار لعينات من الهواء الداخلي لأجزاء المبنى ، وقد تطورت أجهزة الفحص والقياس الى درجة عالية جدا من الحساسية والدقة لقياس وتحديد نسبة أنواع الملوثات المتواجدة في الهواء وبذلك يمكن تحديد مصادرها وطرق علاجها . وتعتبر التهوية في المباني من أهم طرق علاج تلوث الهواء الداخلي ، وهناك طرق أخرى تليها في الأهمية ، ولقد حددت معدلات التهوية الملائمة لتوفير الراحة المطلوبة في الغرف المختلفة الاستعمال حسب نوع المباني كما هو موضح في الجدول (4 . 11) . ان تحديد معدل التهوية الملائمة سوف يؤدي الى تحقيق غرضين رئيسين : أولهما المحافظة على نوعية الهواء الداخلي لتوفير الراحة للساكنين وثانيهما المحافظة على الطاقة المصروفة لغرض التدفئة والتبريد ، ولتحقيق هذه الغاية يجب اعتماد الآتي :-

1 . استعمال وسائل التحكم بمستوى التهوية المرغوب حسب أوقات السنة والنشاطات الجارية واتباع معدلات التهوية القياسية في المباني حسب ما جاء في الجدول (4 . 11).

2 . عدم استعمال قواطع ثابتة داخل الغرف مما يؤدي الى خلق مناطق خاملة وخاصة عندما تكون بعيدة عن فتحات التهوية . وكذلك يساعد وجود القواطع على حدوث دورة قصيرة لحركة الهواء داخل الغرفة .

3 . السيطرة على نوعية وكمية الهواء الخارجي الداخل الى الداخل .

4 . استعمـــــال الطرق الفيزيائية والكيميائية المتخصصة في تنقية الهواء من المواد المتطايرة والابخرة قبل دخوله المبنى .

5 . ازالـة الجزيئات والذرات والغازات الملوثة عن طريق استعمال منقيات هواء خاصة ذات كفاءة آداء عالية عند فتحات سحب الهواء في منظومة التهوية .

6 . تساعد المبادلات الحرارية المستعملة في منظومات التهوية على استرجاع الحرارة من الهواء الخـارج من المبنى ونقلها الى الهواء الداخل عند مرور الهواء الخارج والداخل خلال المبادل الـحراري . وبهذه الطريقة يمكن تحقيق كفاءة ترشيد استهلاك الطاقة وعدم تداخل الهواء الخـــارج الملوث بالهواء الداخل النقي . وقد اثبتت الدراسات المختلفة للتطبيقات العملية الناجحـــة في هذا الـــمجال ، بان نسبة الحرارة المسترجعة من الهواء الخارج تتراوح بين 60 – 80 ٪ ، معتمـــــدة على تصميم وكفاءة المنظومة المستعملة وظروف تشغيلها . وتشكـــــل نسب الحرارة المسترجعة المذكورة بين 5 – 25 ٪ من مجموع الطاقة الكلية المستهلكة في المبنى .

7 . يجـــب على مصممي منظومات التكييف والتدفئة والتبريد والتهوية عدم تركيب فتحات دخول الهواء قريبة من فتحات خروج الهواء وباتجاه معاكس لاتجاه الريح في المنطقة .

8 . مكافحـــة تسرب الهواء من والى داخل المبنى واستعمال التقنيات الحديثة للسيطرة على فتحـــات التهوية والابواب والشبابيك وضمـــــان عملية احكام الغلق ووقف عملية تسرب الهواء .

9 . اعــــادة النظر ومراقبة الطرق المستعملة في تأمين التهوية الطبيعيــــة والصناعية الملائمة المستخدمة في المباني القديمة .

10 . وضــــع منهاج للصيانة الدورية لمنظومات التدفئة والتبريـــد والتهوية وخزانات المياه ورشـــاشات غسل الهواء ....الخ وتبديل الاجزاء المطلوب تغييرها بموجب عمر التشغيل حسب ما توصي به الشركات المصنعة .

11 . اعـادة النظر في نوعية الاثاث والمنسوجات المستخدمة في الغرف واتباع اسلوب دوري للنظافة والصيانة .

12 . اختيار الالوان ومواد الديكور بما يتناسب مع الاستعمال المطلوب والابتعاد عن الاثاث المصنعة من المواد الكيميائية .

13 . يفضل تحديد مستوى الانارة والضوضاء والصدى المطلوب توفرها في المباني .

14 . الاشراف المستمر على توفر النظافة في دورات المياه والحمامات والمطابخ والمخازن

ومما تقدم فان تقليل معدل التهوية في المبنى سوف يؤدي الى زيادة تركـيز مسـببات التلـوث في الهواء . وان زيادة معدل التهوية سوف يؤدي الى زيادة الطاقة المستهلكة عند استعمال اجهزة التبريد أو التدفئة وبالتالي تقليل عمر تشغيلها .

ويمكن استنتاج العوامل الرئيسية التي تؤثر بصورة مباشرة على نوعية الهواء داخل المبنى وهي:

- تحديد حجم الهواء المطلوب للتهوية
- توزيع حركة الهواء داخل الغرف
- توزيع درجات الحرارة في الغرف
- تحديد معدل الرطوبة النسبية
- درجة نقاوة الهواء الخارجي الداخل للمبنى
- الموازنة بين متطلبات التصميم المعماري والميكانيكي وخدمات التشغيل والصيانة والتكاليف الكلية
- المحافظة على ترشيد استهلاك الطاقة في أجهزة التكييف المختلفة

ونستنتج مما تقدم من الحديث المفصل عن مصادر مسببات تلوث الهواء داخل المباني المختلفـة أن نسبة لابأس بها من أفراد المجتمع يسكنون ويعملون في هذه المباني لأداء الخدمات المختلفـة ويعـانون من مصاعب شتى نتيجة تأثيرات هذه المسببات . ان أغلب مصادر مسببات تلوث الهواء التي تم التطرق اليها هي عناصر مشتركة في تلوث الهواء في المباني المختلفة كالبيوت والعمارات السكنية والفنادق ... الخ . وبذلك تكون كل المعالجات التي تم ذكرها والاجراءات اللازم اتخاذها للمحافظة على نوعية هـواء

الطاقة والمباني

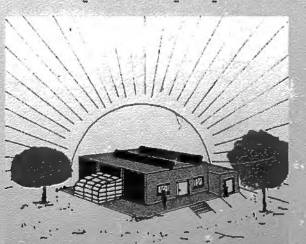
يتناول هذا الكتاب مبادىء نظرية وتطبيقية لمفردات الطاقة والمباني كلاً على انفراد، ويتطرق إلى مصادر الطاقة البديلة والربط بين مصادر الطاقة وتطبيقاتها في المباني والأضرار الجانبية والعوامل المرتبطة بهما.

يتكون الكتاب من ثلاثة عشر فصلاً ابتداء من المقدمة المختصرة عن مادة الكتاب. ويقدم الفصل الثاني شرحاً عن توفر مصادر الطاقة واستعمالاتها المختلفة، ويتناول الفصل الثالث تصنيف المباني حسب نوعها وطبيعة استعمالها وطريقة ومواد البناء المستعملة فيها. وقدّم الفص الرابع احتياجات الطاقة في المباني وطرق حسابات الاحمال الحرارية المطلوبة للتدفئة وتوفير الجو الطبيعي للساكنين. تخصص الفصل الخامس والسادس والسابع في تعريف الطاقة الشمسية وتوفرها وطرق قياسها واستخداماتها المختلفة.

وتناول الفصلين الثامن والتاسع عناصر التصميم المعماري والتكييف البيئي التي يعتمدها المهندسون في تصميم المباني لغرض تقليل احمال التكييف وتوفير الجو الطبيعي باقل تكاليف ممكنة. وتخصص الفصل العاشر في تطبيق الطاقة الشمسية في مختلف المباني سواءاً كانت قديمة أو حديثة.

أما ترشيد استهلاك الطاقة فأخذ نصيبه في الفصل الحادي عشر. وتناول الفصل الثاني عشر مسببات ومصادر تلوث البيئة وطرق علاجها وتاثيراتها السلبية على صحة الساكنين في المباني المختلفة. وتم الوقوف على المردودات الاقتصادية لتطبيقات مصادر الطاقة البديلة والمردودات الايجابية التقنية والبيئية في الفصل الاخير.

يعتبر هذا الكتاب مساهمة متواضعة من أجل توفير مادة نظرية وعملية متخصصة يستفيد منها أبناءنا الطلبة في المعاهد والكليات العربية في اختصاصات الهندسة الميكانيكية والمدنية والمعمارية والطاقة والبيئة والفيزياء والاقتصاد والتخطيط. وكذلك يستفيد منه المهندسون والباحثون والعاملون في حقلي الطاقة والمباني.





Dar Mahdalawi Pub. &Dis

دار مجدلاوي للنشر والتوزيع
تليفاكس ٦٠٦ ١١ ٦١ ص.ب ١٨٤٢٥٧
عمان ١١١١٨ - الأردن

تصميم الغلاف: موسى غساف